

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве

Кафедра технологических процессов и оборудования
машиностроительного производства

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

Ведущий инженер технологии И.И. Старостин



ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

С.В. Сергеев С.В. Сергеев
2016 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ САУ СТАНКА ДЛЯ МЕРНОЙ
РАЗРЕЗКИ ПРОКАТА

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ- 220700.2016.110.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности

доцент

В.Г. Некрутов
2016 г.

Руководитель работы

доцент

А.В. Бобылев
2016 г.

Автор работы

студент группы У-КФл-521

И.Е. Чернявский
2016 г.

Нормоконтролер


доцент

Ю.С. Сергеев
2016 г.

Усть-Катав 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве

Кафедра технологических процессов и оборудования
машиностроительного производства
Специальность 220700.62 Автоматизация технологических процессов и
производств

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
 С.В. Сергеев
2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента
Чернявского Ивана Евгеньевича
Группа У-КФл-521

1. Тема работы

Модернизация САУ станка для мерной разрезки проката

утверждена приказом ректора от 15 апреля 2016 г. № 661

2. Срок сдачи студентом законченной работы 15 июня 2016 г.

3. Исходные данные к работе

3.1 Материалы преддипломной практики

3.2 Руководство по эксплуатации

3.3 Справочная литература

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение

1 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений

2 Системы питания электродвигателей постоянного тока

3 Описание технологического процесса проката

4 Основные требования к электрооборудованию электропривода станка для мерной резки проката

5 Поверочный расчет электродвигателя станка для мерной резки проката

6 Выбор типа тиристорного преобразователя станка для мерной резки проката

7 Выбор элементов и проверка устойчивости электропривода

8 Выбор элементов системы автоматического управления электроприводом станка для мерной резки проката

9 Организационно-экономический раздел

10 Безопасность жизнедеятельности

Заключение



Библиографический список

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)

1 Тема, цель, задачи работы. Плакат	(1 лист)
2 Трубоэлектросварочный стан. Схема расположения электрооборудования. Габаритный чертеж ГЧ	(1 лист)
3 Общий вид станка для мерной резки проката. Габаритный чертеж ГЧ	(1 лист)
4 Станок для мерной резки проката. Схема электрическая функциональная Э2	(1 лист)
5 Станок для мерной резки проката. Система управления. Схема электрическая структурная Э1	(1 лист)
6 Станок для мерной резки проката. Система управления. Схема электрическая принципиальная Э3	(1 лист)
7 Алгоритм работы САУ станка для мерной резки проката. Плакат	(1 лист)
8 Сравнительные технологические данные. Плакат	(1 лист)
9 Схема расположения ножниц в линии стана. Схема электрическая расположения Э7	(1 лист)
10 Данные экономического расчета. Плакат	(1 лист)
11 Выводы. Плакат	(1 лист)

Всего 11 листов

6 Консультанты по работе, с указанием относящихся к ним разделов работы

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Безопасность жизнедеятельности	Некрутов В.Г.		

7 Дата выдачи задания 21 марта 2016 г.

Руководитель  А.В. Бобылев

Задание принял к исполнению  И.Е. Чернявский

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Введение	30.03.2016	<i>Александр</i>
Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений	30.03.2016	<i>Александр</i>
Системы питания электродвигателей постоянного тока	2.04.2016	<i>Александр</i>
Описание технологического процесса проката	6.04.2016	<i>Александр</i>
Основные требования к электрооборудованию электропривода станка для мерной разрезки проката	13.04.2016	<i>Александр</i>
Поверочный расчет электродвигателя станка для мерной разрезки проката	20.04.2016	<i>Александр</i>
Выбор типа тиристорного преобразователя станка для мерной разрезки проката	27.04.2016	<i>Александр</i>
Выбор элементов и проверка устойчивости электропривода	4.05.2016	<i>Александр</i>
Выбор элементов системы автоматического управления электроприводом станка для мерной разрезки проката	11.05.2016	<i>Александр</i>
Экономическая часть	18.05.2016	<i>Александр</i>
Безопасность жизнедеятельности	18.05.2016	<i>Александр</i>
Заключение	25.05.2016	<i>Александр</i>
Оформление пояснительной записки	28.05.2016	<i>Александр</i>
Графическая часть	15.06.2016	<i>Александр</i>

Заведующий кафедрой _____

Серг
С.В. Сергеев

Руководитель работы _____

Александр
А.В. Бобылев

Студент _____

И.Е.
И.Е. Чернявский

АННОТАЦИЯ

Чернявский И.Е. Модернизация САУ станка для мерной разрезки проката. – г. Усть-Катав: филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве, кафедра ТПиОМП; 2016 г., 116 с., 14 ил., библиогр. список – 20 наим., 11 листов чертежей ф. А1.

В дипломной работе предложена модернизация электропривода станка для мерной разрезки проката стана трубозлектросварочного участка ООО УЗМК «Стальмонтаж» г. Уфа.

Цель модернизации – обеспечение точности мерного реза проката.






Описан технологический процесс проката стали.

Произведен поверочный расчет мощности электродвигателя, выбран тип тиристорного преобразователя.

Выбраны элементы системы управления электроприводом ножниц. Составлен алгоритм работы.

Проведена оценка экономической эффективности модернизации.

Рассмотрены вопросы охраны труда на участке, экологии и гражданской обороны.

220700.2016.110.00 ПЗ									
Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Модернизация САУ станка для мерной разрезки проката			Лист	Лист	Листов
Разраб.	Чернявский И.Е.						Д	4	116
Провер.	Бобылев А.В.								
Реценз.	Старцев В.С.								
И. Контр.	Сергеев Ю.С.								
Утверд.	Сергеев С.В.						Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве Кафедра ТПиОМП		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ	9
2 СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА	12
3 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОКАТА	
3.1 Технологическая характеристика станка для мерной резки проката	16
3.2 Технологическая характеристика трубозлектросварочного участка	17
3.3 Основные технические характеристики станка для мерной резки проката	18
4 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДА СТАНКА ДЛЯ МЕРНОЙ РАЗРЕЗКИ ПРОКАТА	
4.1 Требования к электроприводу	20
4.2 Требования к электродвигателю	25
4.3 Требования к системе управления	26
5 ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ станка ДЛЯ МЕРНОЙ РАЗРЕЗКИ ПРОКАТА	
5.1 Проверочный расчет мощности электродвигателя	28
5.2 Проверочный расчет двигателя	29
6 ВЫБОР ТИПА ТИРИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СТАНКА ДЛЯ МЕРНОЙ РАЗРЕЗКИ ПРОКАТА	38
7 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ И ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА	
7.1 Данные оборудования	49
7.2 Определение параметров объекта регулирования	50
7.3 Расчет регулятора тока	57
7.4 Расчет регулятора скорости	58
8 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ СТАНКА ДЛЯ МЕРНОЙ РАЗРЕЗКИ ПРОКАТА	
8.1 Описание технологического процесса реза проката	59
8.2 Технические решения	60
8.3 Перечень переменных процесса	67
8.4 Описание работы	69
9 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
9.1 Расчет общей суммы затрат	80
9.2 Расчет эксплуатационных затрат	83
9.3 Расчет показателей экономической эффективности	85
10 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
10.1 Краткое описание производственного участка	90
10.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов	91
10.3 Охрана труда	93

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

10.4 Производственная санитария.....	100
10.5 Противопожарная и взрывобезопасность.....	106
10.6 Экологическая безопасность.....	108
10.7 Гражданская оборона.....	111
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	115
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	116

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

ВВЕДЕНИЕ

Уфимский завод металлоконструкций (ООО УЗМК «Стальмонтаж») является предприятием, специализирующимся на выпуске широкого ассортимента продукции из сталей и сплавов.

Прокатное производство – завершающая стадия металлургического производства. Прокатные изделия широко применяются в машиностроении, строительстве, сельском хозяйстве, транспорте, в метизном производстве.

Прокатное производство представляет комплекс взаимосвязанных технологических переделов, определяющих качество прокатной продукции и технико-экономические показатели работы прокатных цехов.

Станы прокатывают заготовки при температуре не ниже 800 °С, различных по сечению и весу. Готовая продукция производится как круглой, так и квадратного сечения. После этого металл подается на специальные устройства, где режется на заготовки соответствующей длины.

Развитие современного прокатного производства базируется на использовании нового, более совершенного нагревательного, прокатного и отделочного оборудования, характеризующегося поточностью технологических процессов и операций, более высокими скоростями и интенсивными режимами работы, все возрастающими массами исходного продукта, повышением качества исходного слитка и непрерывно-литой заготовки.

На трубоэлектросварочном участке производится рез различных профилей на мерные длины. В ходе производственного процесса много металла выбраковывается из-за нестандартных остатков реза, т.е. имеет место большое количество металла не пригодного к дальнейшему использованию.

В связи с этим решая задачу замены системы автоматического управления станка для мерной резки проката, мы решаем задачу более точного реза профилей, т.е. уменьшение отходов, т.е. большей экономии.

Сортамент стана – круг диаметром от 6 до 12 мм после прокатки сматывается в бунты с помощью моталки, крупные профили диаметром от 13 до 26 мм режутся на станке для мерной резки проката и подаются на холодильник реечного типа.

Система регулирования станка для мерной резки проката тиристорный преобразователь КТЭУ, от которого двигатель постоянного тока получает питание. Управляющим устройством системы автоматического мерного реза является промышленный контроллер «Микродат».

Существующая система регулирования вращения двигателя не обеспечивает точность реза проката (погрешность реза до 0,25 м).

Система регулирования устарела как морально, так и физически и не позволяет точно резать мерную длину металла, что приводит как большим объемам отходов, так и порче заготовки.

Целью дипломной работы является обеспечение точности мерного реза проката путем замены устаревшего тиристорного преобразователя и контроллера,

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

- поверочный расчет мощности и выбор типа двигателя ножниц;
- выбор типа тиристорного преобразователя;
- выбор элементов системы управления электроприводом;
- расчет технико-экономических показателей.

Объект – станок для мерной резки проката.

Предмет – электропривод станка.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Проблема оптимального использования сырья имеет большое значение для многих отраслей промышленности. Эффективность экономии материальных ресурсов в такой ситуации – важнейший фактор повышения эффективности всего производства и деятельности предприятия в целом. Решение этой задачи непосредственно влияет на себестоимость продукции. Отходы производства составляют значительную часть себестоимости производимой продукции, а значит, минимизация отходов является первоочередной задачей.

Одним из важнейших факторов, обеспечивающих экономию проката металлов путем минимизации отходов производства, является их рациональный раскрой. Среди мероприятий этого направления одно из ведущих мест занимает автоматизация процесса раскроя, позволяющая повысить коэффициент раскроя пруткового проката на 2-6%, листового на 3-8% с учетом централизованного метода раскроя и обеспечить оптимальность норм расхода металлоресурсов.

В магистерской работе рассматривается управление станком для мерной резки проката, используемыми для резки проката непрерывного заготовочного стана (НЗС) на заготовки заданных длин. Станка для мерной резки проката предназначены для резки металла на ходу ("на лету") при его движении с большой скоростью. Во многих случаях работоспособность этого станка определяет производительность прокатного стана.

Продукция НЗС – прокат определенного сечения подлежит раскрою на заготовки заданной мерной длины. Необходимо найти оптимальный вариант раскроя. Обычно планирование раскроя сырья либо выполняется методом ручного перебора (а точнее – выбором из нескольких вариантов), либо с помощью простейших методов оптимизации. Ясно, что металл в такой ситуации расходуется не оптимально, остаются большие концевые остатки, которые потом необходимо транспортировать и использовать. Это приводит к увеличению затрат времени, что также сказывается на себестоимости продукции.

Сложившаяся ситуация объясняется отсутствием доступного и практически применимого инструмента для решения данной задачи в конкретных условиях. Таким инструментом может стать автоматизированная система управления, позволяющая на основании исходных данных о плане выпуска заготовок и технологических параметрах текущего процесса проката автоматически получать и реализовывать оптимальный план раскроя. Для разработки такой системы необходимо построение математической модели оптимального использования сырья и разработка параметрических (настраиваемых пользователем) алгоритмов ее решения. Параметрические алгоритмы позволяют учесть специфические особенности раскроя на конкретном предприятии и делают данную систему более универсальной.

В настоящее время на металлургических предприятиях России, стран СНГ и зарубежных стран происходит внедрение автоматизированных систем, управляющих резкой металла. Активно ведутся исследования в области построения оптимального плана раскроя.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докum.	Подпись	Дата		9

В зарубежных производствах автоматизированная система управления станка для мерной резки проката должна производить:

- расчет оптимального плана резки металла на мерные заготовки с минимизацией отходов и числа заготовок некондиционных длин;
- более точную порезку прокатов;
- снижение вероятности технологических ошибок при порезке;
- повышение точности учета металла в цехе;
- улучшение условий труда персонала.

Для решения поставленной задачи необходимо исследовать и оценить методы реализации следующих этапов:

- построение оптимального плана раскроя прокатов различных сортаментов без учета возмущений, влияющих на длину проката (эта проблема включает планирование раскроя металлопроката на заготовки определенных заказанных длин с учетом допусков минимального размера);
- оценка длины текущего раската на каждом итерационном шаге раскроя по параметрам технологического процесса;
- корректировка плана раскроя в режиме реального времени;
- формирование управляющего сигнала на исполнительный механизм станка для осуществления реза;
- контроль результатов раскроя.

В том же направлении идут и отечественные технологии в производстве. Российская фирма ООО «КИП – сервис» занимается разработкой систем управления именно для подобных агрегатов, реализованных на базе программируемого контроллера *Direct Logic* семейства *DL06* и персонального компьютера, который имеет выход в локальную сеть участка цеха. Разработке СУ на базе контроллеров *Direct Logic* способствует удобный программный пакет *DirectSOFT32*, возможность применения нескольких типов центральных процессоров различной производительности, наличие разнообразных модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей.

Контроллер предусматривает подключение датчиков типа ПДФ-3. Для расширения количества точек ввода дискретных сигналов установлен модуль *DO-16ND3*. Для увеличения надежности работы САУ между периферийным оборудованием и контроллером установлены гальванические развязки. В качестве гальванических развязок используются модули *YCO* фирмы *Grayhill*. Основные характеристики линейки контроллеров *DirectLogic DL06*:

- 8 конфигураций ввода/вывода;
- общий объем памяти – 14,8Кслов;
- 229 команд, в том числе тригонометрические функции;
- 8 контуров ПИД-регулирования с автонастройкой;
- количество точек ввода/вывода до 100;
- два коммуникационных порта, в том числе *RS232/422/485*;
- встроенная поддержка протоколов: *Modbus RTU* ведущий/ведомый, *ASCII* ввод/вывод и *DirectNet* ведущий/ведомый;

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

- поддержка *DeviceNet* ведомый (дополнительный модуль);
- встроенные часы реального времени и календарь;
- дополнительная *LCD* панель;
- питание ~100-240В и 12-24В;
- арифметика с плавающей точкой.

Выводы по разделу один: произведен анализ отечественных и передовых. Автоматизация систем управления стоит на первом месте, как в зарубежном, так и в отечественном производстве, что приводит к уменьшению брака и отходов. Так же целесообразно производить замену морально устаревшего оборудования, которое не может произвести точность пореза заготовки.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

2 СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Двигатели постоянного тока применяются в электроприводах, к которым предъявляются повышенные требования в отношении регулирования скорости, а также когда необходимо обеспечить низкие устойчивые скорости в разных режимах. Для механизмов подъема обычно используют двигатели последовательного возбуждения, т.к. они допускают большие перегрузки по моменту и имеют мягкую характеристику. Двигатели параллельного и независимого возбуждения применяют в тех случаях, когда требуются жесткие механические характеристики на низких скоростях, а также для работы двигателя в генераторном режиме.

Для питания двигателей постоянного тока независимого возбуждения используются регулируемые источники питания:

- электромашинные агрегаты – генератор постоянного тока – двигатель переменного тока (система Г-Д);
- тиристорные преобразователи (выпрямители) с фазовым управлением (система ТП-Д);
- полупроводниковые выпрямители с регулированием величины выпрямленного напряжения методом широтно-импульсного регулирования (ШИР-Д).

Все вышеперечисленные системы имеют ряд преимуществ и недостатков, анализ которых при учете предъявляемых технических требований и специфики производственного механизма позволяет осуществить правильный выбор системы регулирования.

Система Г-Д, в которой двигатель постоянного тока получает питание от электромашинного агрегата, в настоящее время морально устарела и в стационарных установках не применяется. Система Г-Д продолжает использоваться для мобильных установок, например экскаваторов [2].

Ее основными достоинствами являются большой диапазон и плавность регулирования скорости двигателя, отсутствие искажений потребляемого из сети тока и относительно небольшое потребление реактивной мощности, высокая жесткость и линейность характеристики, возможность получения всех энергетических режимов работы ДПП. При применении синхронного двигателя в преобразовательном агрегате путем регулирования тока возбуждения можно обеспечить работу ЭП с $\cos\varphi$ для компенсации реактивной мощности, потребляемой другими установками.

К недостаткам системы Г-Д относятся:

- необходимость в двукратном преобразовании энергии (из электрической энергии переменного тока в механическую и из механической вновь в электрическую постоянного тока регулируемого напряжения), что приводит к значительному снижению КПД;

- наличие двух машин в преобразовательном агрегате, установленная мощность каждой, если пренебречь потерями в машинах, равна установленной мощности регулируемого двигателя;

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

– бесшумность в работе, простота в обслуживании.

В то же время тиристорным электроприводам свойственны некоторые недостатки:

– пульсации выпрямленного напряжения и тока на выходе тиристорного преобразователя ухудшают нагрев и коммутацию двигателя, что требует установки сглаживающих дросселей;

– при глубоком регулировании скорости, при частых пусках, торможениях тиристорный электропривод имеет низкий коэффициент мощности, что требует разработки и установки специальных компенсирующих устройств;

– при работе тиристорных преобразователей происходит генерация высших гармоник в питающую сеть, что искажает форму напряжения в сети переменного тока и вызывает помехи.

Несмотря на отмеченные недостатки, система ТП-Д является в настоящее время основным видом высокоэффективного регулируемого электропривода постоянного тока и широко применяется для привода таких ответственных рабочих машин, как прокатные станы, металлорежущие станки, экскаваторы и т.д. [4].

В настоящее время разработаны различные схемы тиристорных преобразователей и системы регулируемого электропривода на их основе. Промышленностью освоен серийный выпуск комплектных тиристорных преобразователей и комплектных тиристорных электроприводов на их основе.

По назначению тиристорные преобразователи подразделяются для питания якоря двигателя и обмоток возбуждения, по исполнению – реверсивные и нереверсивные. Самой благоприятной для тиристорных преобразователей признана трёхфазная мостовая (шестипульсная) схема выпрямления.

Наиболее сложными элементами тиристорного электропривода являются реверсивные двухкомплектные преобразователи. Они применяются в быстродействующих электроприводах, у которых скорость изменения и реверсирования тока (момента) двигателя влияют на производительность механизма или качество регулирования технологических параметров.

При выборе тиристорных преобразователей для регулируемого электропривода необходимо учитывать специфические свойства преобразователей с различными способами управления, их влияние на статические и динамические свойства электропривода.

Для управления тиристорными электроприводами разработаны унифицированные блочные системы регуляторов УБСР-АИ на основе аналоговых элементов, УБСР-ДИ на основе дискретных элементов; ведутся работы по применению микропроцессорных систем управления. К основным достоинствам таких систем управления относятся: возможность реализации с высокой точностью желаемых передаточных функций; малая мощность управления; лёгкость и простота наладки; широкая унификация схем, конструкций и др. [5].

Выводы по разделу два: в данном разделе приведены примеры систем питания электродвигателей постоянного тока, в каких областях применяются чаще всего. Показаны недостатки и достоинства систем. В системе Г-Д необходимость

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

в двукратном преобразовании энергии, что приводит к значительному снижению КПД, значительные габариты и масса установки, необходимость в фундаменте для преобразовательного агрегата. Система Г-Д морально устарела и в стационарных установках не применяется.

В сравнение с системой ТП: высокое быстродействие, которое ограничивается главным образом коммутационной способностью двигателя и механической инерционностью привода, мгновенная готовность к работе, широкий диапазон температур и длительный срок службы, номинальный КПД тиристорных преобразователей превышает 92-96 %, малые весогабаритные показатели, блочная компоновка позволяют сократить требуемые производственные площади, уменьшить капитальные затраты и расходы на установку и эксплуатацию, простота в обслуживании.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

3 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОКАТА

3.1 Технологическая характеристика станка для мерной резки проката

Станок для мерной резки проката устанавливается в линии трубозлектросварочного участка и предназначен для порезки проката на длину холодильника. Схема его расположения в линии стана представлена на рисунке 3.1.

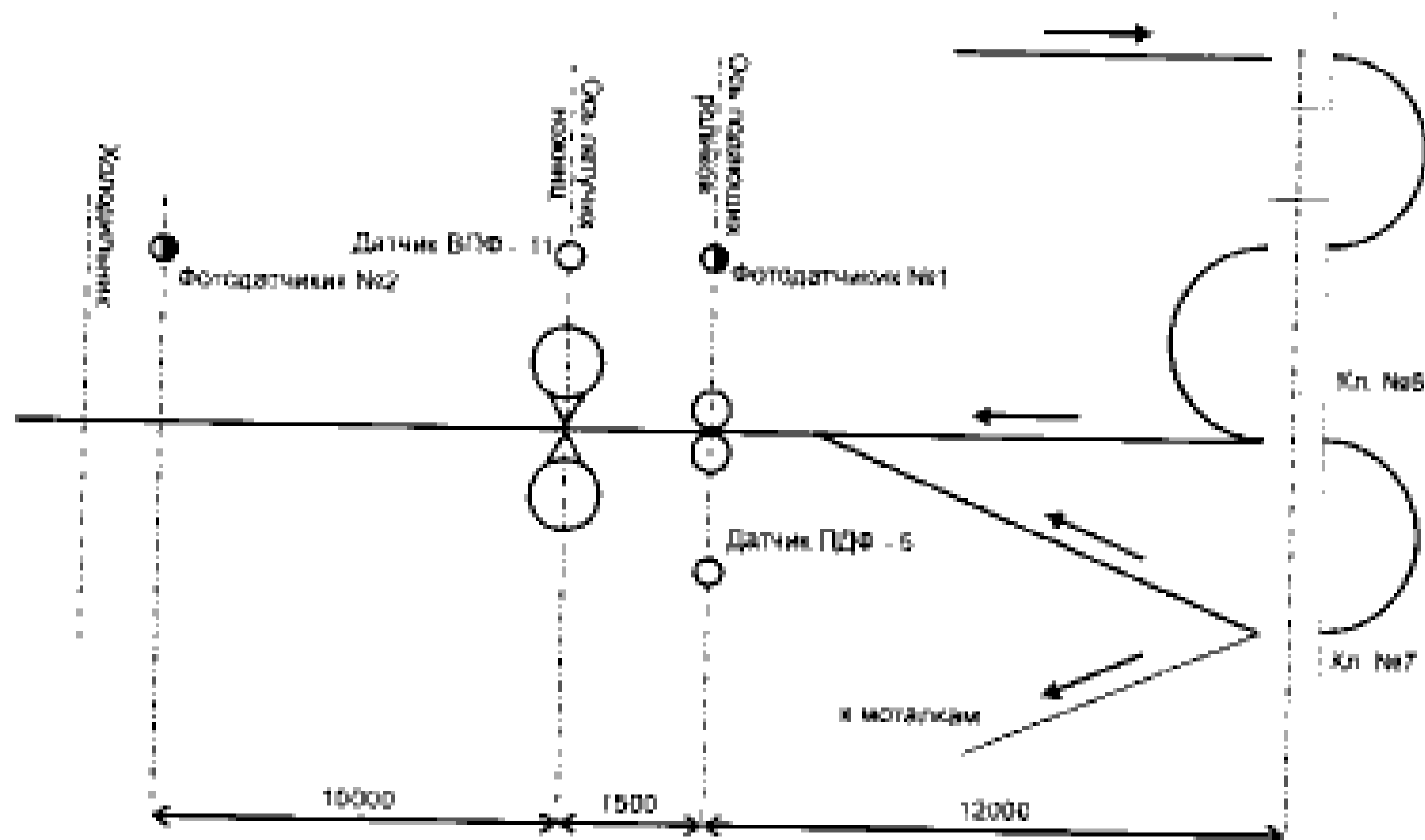


Рисунок 3.1 – Схема расположения ножниц в линии стана

Прокат в станок может подаваться из клеток №6 или №7 чистовой линии стана. На приводе чистовой линии установлен тахогенератор, предназначенный для измерения скорости проката и задания скорости в систему привода роликов.

Широкий диапазон технологических требований, связанных с необходимостью резания крупных профилей из легированных сталей на низких скоростях 2,5 м/с и мелких профилей на более высоких скоростях 4,9 м/с в диапазоне длин 16,5...28 м, обеспечивается здесь применением наиболее простой конструкции ножниц барабанного типа.

Для реза проката на длину холодильника, применен режим запусков ножниц с реверсом при установке в исходное положение.

Кинематическая схема станка для мерной резки проката представлена на рисунке 3.2.

Станок для мерной резки проката состоит из рабочей клетки и двигателя, соединенного с рабочей клетью зубчатой муфтой. Рабочая клетя состоит из корпуса и двух вращающихся валов. На концах валов монтируются рычаги с ножами. Ножи имеют калибры, соответствующие профилям разрезаемого металла. На втором конце вала двигателя установлен тахогенератор ПТ-32. Командоаппарат установлен на валу рабочей клетки ножниц.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

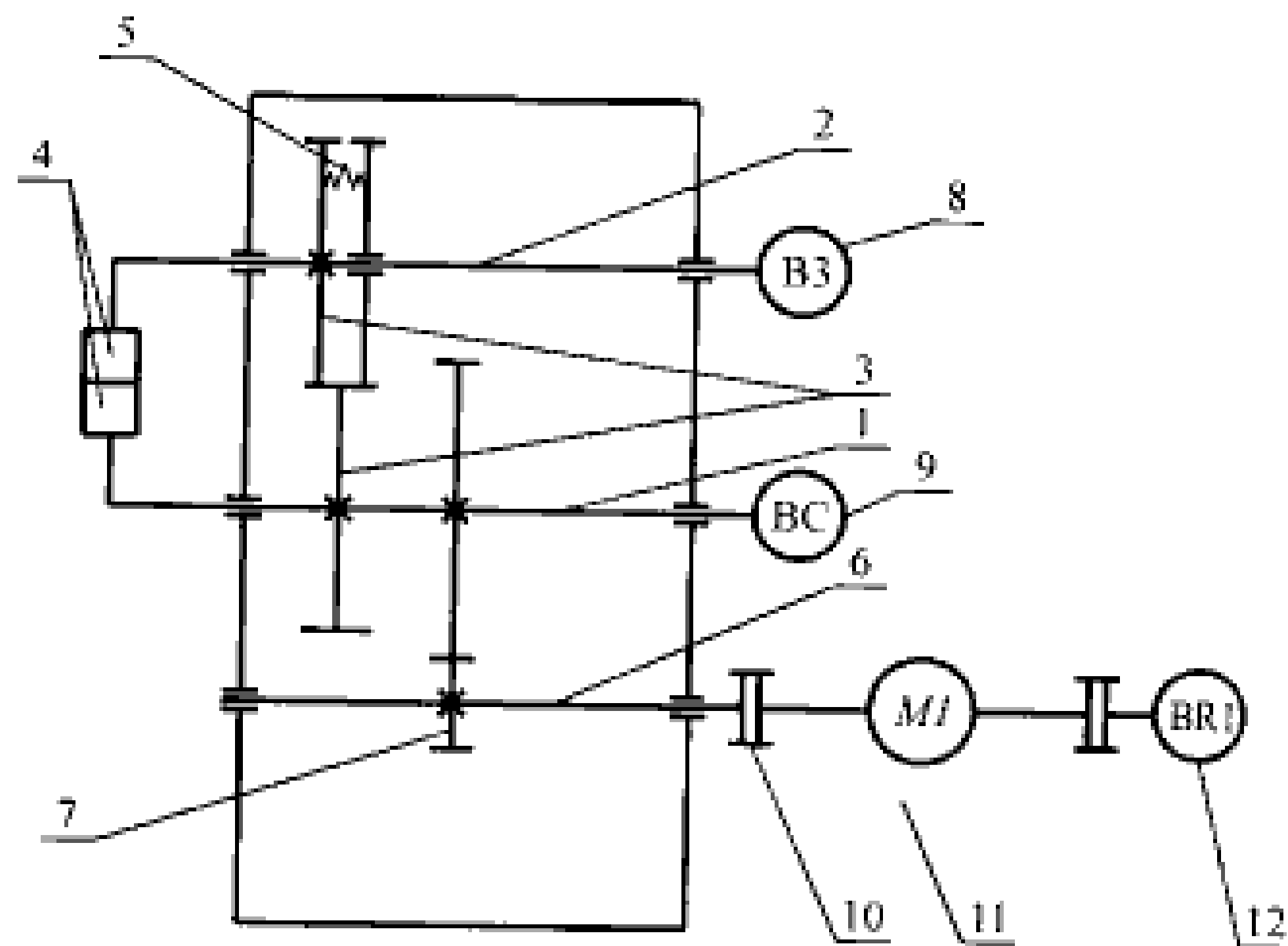


Рисунок 3.2 – Кинематическая схема станка для мерной разрезки проката:
 1 – вал нижнего барабана; 2 – вал верхнего барабана; 3 – замыкающая шестерня (2 шт.); 4 – нож (2шт.); 5 – механизм выбора люфтов в зубчатом зацеплении; 6 – приводной вал; 7 – приводная шестерня; 8 – командоаппарат; 9 – сельсин; 10 – муфта зубчатая; 11 – электродвигатель; 12 – тахогенератор

Привод роликов осуществляется через шпиндели и комбинированный с шестеренной клетью редуктор от двигателя постоянного тока.

К валу двигателя пристроен тахогенератор, а к валам шестеренной клетки – два датчика импульсов – рабочий и резервный. Поджатие роликов осуществляется пружиной с ручным регулированием усилия.

3.2 Технологическая характеристика трубоэлектросварочного участка

Трубоэлектросварочный участок предназначен для прокатки мелкого сорта из различных марок сталей.

Нагрев металла производится в двухзонной методической печи с боковой выдачей. В качестве топлива используется газ.

Стан линейного типа расположен в две линии: первая линия – обжимная, состоит из двух клеток трио с диаметром валков 360 мм; вторая линия – чистовая, состоит из семи клеток. Все клетки, за исключением седьмой, трио, работают как переменное дуо, седьмая клетка – чистовая дуо.

Передача металла от черновой линии к чистовой осуществляется рольгангом. Задача металла в валки на черновой линии осуществляется вручную. Чистовая линия оборудована обводными аппаратами.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Стан приводится в движение от двигателей постоянного тока. На черновой линии установлен двигатель мощностью 570 кВт, на чистовой линии – 1010 кВт.

Передача крутящего момента от двигателя к валкам осуществляется через шестеренную клеть.

Сортамент стана – круг диаметром от 8 до 12 мм после прокатки сматывается в бунты с помощью моталки, крупные профили диаметром от 13 до 26 мм режутся станка для мерной резки проката и подаются на холодильник речного типа.

В станок для мерной резки прокат может подаваться из шестой или седьмой клетей чистовой линии стана.

На приводе чистовой линии установлен тахогенератор, предназначенный для измерения скорости проката и задания скорости в систему привода роликов.

С седьмой или шестой клетки профиль подается на подводные ролики станка с помощью стрелки, там же (напротив ножниц) располагается первый фотодатчик, который фиксирует наличие металла на роликах. Далее профиль проходит через ножи станка для мерной резки проката в холодильник.

На расстоянии 10 м от ножниц находится второй фотодатчик, который фиксирует наличие металла и запускает счетчик длины отрезаемого металла, далее происходит рез металла и сброс отрезанного профиля в холодильник. На приводе подающих роликов, для измерения длины проката, установлен импульсный датчик.

3.3 Основные технические характеристики станка для мерной резки проката

Технологические данные станка для мерной резки проката представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технологические данные станка для мерной резки проката

Параметр	Значение
– разрезаемый металл по ГОСТ 1050-88	38X2 МЮА, Р18, ЭИ835
– разрезаемый металл по ГОСТ 801-78	20X13, ЭИ435, ЭИ69
– температура разрезаемого металла, °С	850
– размеры разрезаемого сечения, мм	Ø10...Ø26
– разрезаемое сечение максимальное, мм ²	531
– разрезаемое сечение минимальное, мм ²	78,5
– длина раската, мм	(33...113)·10 ³
– скорость перемещения металла, м/с	2,5...4,9
– отрезаемые длины, мм	(16,5...28)·10 ³
– дискретность шага задаваемых длин, м	0,2
– пауза между раскатами, с	5...45
– погрешность пореза, мм	250

Параметры, которые необходимо обеспечить представлены в таблице 3.2.

					220700.2016.110.00 113	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Таблица 3.2 – Требуемые параметры

Параметр	Значение
– максимальная скорость перемещения проката, м/с	4,9
– максимальный (минимальный) диаметр проката, мм	26 (13)
– диапазон отрезаемых длин, м	13...28
– максимальное число резов	3
– цена одного задания, м	0,1
– погрешность в определении координаты реза проката не более, м	$\pm 0,05$
– погрешность пореза не более, мм	150

Характеристика механизма станка для мерной разрезки проката представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Характеристика станка для мерной разрезки проката

Параметр	Значение
– тип ножниц	барабанные
– радиус вращения режущей кромки нижнего ножа, мм	450
– скорость вращения барабанов, об/мин:	
– минимальная	53
– максимальная	104
– угол начала резания, рад	0,263
– угол конца резания, рад	0,186
– привод	редуктивный, одноводвигательный
– передаточное число встроенного редуктора рабочей клетки ножниц, n	4,27
– максимальное усилие резания, Н	$250 \cdot 10^3$
– максимальная работа резания, Дж	$1,77 \cdot 10^3$

Выводы по разделу три: в данном разделе представлена технологическая характеристика трубоэлектросварочного участка, его состав, какие размеры продукции (заготовки) он производит. Также рассмотрена технологическая характеристика станка для мерной разрезки проката, какой калибр заготовки разрезается, описан состав, требуемые характеристики для работы ножниц, представлена кинематическая схема.

4 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДА СТАНКА ДЛЯ МЕРНОЙ РАЗРЕЗКИ ПРОКАТА

4.1 Требования к электроприводу

Электропривод представляет собой электромеханическую систему, состоящую из электродвигательного, преобразовательного, передаточного и управляющего устройства, предназначенных для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением [6].

Электроприводы разделяются на следующие виды:

- а) по назначению:
 - главный электропривод, обеспечивающий главное движение исполнительного органа рабочей машины или основную операцию процесса;
 - вспомогательный электропривод, обеспечивающий вспомогательное движение исполнительных органов рабочей машины или вспомогательные операции процесса;
- б) по характеру движения электродвигательного устройства:
 - вращательный электропривод, электродвигательным устройством которого является вращающийся электродвигатель;
 - линейный электропривод, электродвигательным устройством которого является линейный электродвигатель;
- в) по направлению вращения электродвигательного устройства:
 - реверсивный электропривод, обеспечивающий движение электродвигательного устройства в обоих противоположных направлениях;
 - неревверсивный электропривод с одним направлением движения электродвигательного устройства;
- г) по принципу действия электродвигательного устройства:
 - электропривод непрерывного действия, подвижные части электродвигательного устройства которого в установившемся режиме находятся в состоянии непрерывного движения;
 - дискретный электропривод, подвижные части электродвигательного устройства которого в установившемся режиме находятся в состоянии дискретного движения;
- д) по виду связей с исполнительным органом рабочей машины:
 - редукторный электропривод, который определяется как вращательный электропривод, передаточное устройство которого содержит редуктор;
 - безредукторный электропривод – тоже вращательный электропривод, в передаточном устройстве которого отсутствует редуктор;
 - электрогидравлический электропривод, имеющий гидравлическое передаточное устройство;
 - принято выделять также маховиковый электропривод – вращательный электропривод, в состав которого входит маховик;

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

е) по отношению числа электродвигательных установок и исполнительных органов рабочих машин:

- групповой электропривод, обеспечивающий движение исполнительных органов нескольких рабочих машин или нескольких исполнительных органов одной рабочей машины;
- индивидуальный электропривод, обеспечивающий движение одного исполнительного органа рабочей машины;
- взаимосвязанный электропривод, представляющий собой два или несколько электрически или механически связанных между собой электроприводов, при работе которых поддерживается заданное соотношение их скоростей, нагрузок и положения исполнительных органов рабочих машин;
- взаимосвязанный электропривод выполняется как многодвигательный электропривод, электродвигательные устройства которого совместно работают на один вал;
- электрический вал – взаимосвязанный электропривод, обеспечивающий синхронное вращение двух и более электродвигателей, валы которых не имеют механической связи;

ж) по роду тока:

- электропривод постоянного тока с электродвигательным устройством постоянного тока;
- электропривод переменного тока с электродвигательным устройством переменного тока;
- синхронный электропривод переменного тока, в котором электродвигательным устройством является синхронный двигатель;
- асинхронный электропривод переменного тока, в котором электродвигательным устройством является асинхронный двигатель;

з) по степени управляемости электропривод может быть:

- нерегулируемый – для приведения в действие исполнительного органа рабочей машины с одной рабочей скоростью, параметры привода изменяются только в результате возмущающих воздействий;
- регулируемый – для сообщения изменяемой или неизменяемой скорости исполнительному органу машины, параметры привода могут изменяться под воздействием управляющего устройства;
- программно-управляемый – управляемый в соответствии с заданной программой;
- следящий – автоматически отрабатывающий перемещение исполнительного органа рабочей машины с определенной точностью в соответствии с произвольно меняющимся задающим сигналом;
- адаптивный – автоматически избирающий структуру или параметры системы управления при изменении условий работы машины с целью выработки оптимального режима;

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

и) по уровню автоматизации можно различать:

- неавтоматизированный электропривод, в котором управление ручное; в настоящее время такой привод встречается редко, преимущественно в установках малой мощности бытовой и медицинской техники и т. п.;
- автоматизированный электропривод, управляемый автоматическим регулированием параметров;
- автоматический электропривод, в котором управляющее воздействие вырабатывается автоматическим устройством без участия оператора [6];

к) по виду преобразовательного устройства:

- вентильный электропривод, в преобразовательном устройстве которого применен вентильный преобразователь;
- ионный электропривод – вентильный электропривод с ионным преобразователем электроэнергии;
- полупроводниковый электропривод – вентильный электропривод с вентильно-полупроводниковым преобразователем;
- тиристорный электропривод – полупроводниковый электропривод, преобразовательным устройством которого является тиристорный преобразователь;
- транзисторный электропривод – полупроводниковый электропривод, преобразовательным устройством которого является транзисторный преобразователь;
- система «генератор-двигатель» (Г-Д) – регулируемый электропривод, преобразовательным устройством которого является электромашинный преобразовательный агрегат;
- система «магнитный усилитель-двигатель» (МУ-Д) – регулируемый электропривод, преобразовательным устройством которого является магнитный усилитель.

К регулируемым вентильным электроприводам относятся:

- система «управляемый выпрямитель-двигатель» (УВ-Д) – вентильный электропривод постоянного тока, преобразовательным устройством которого является регулируемый выпрямитель или регулируемый выпрямитель и инвертор;
- система «преобразователь частоты-двигатель» – вентильный электропривод переменного тока, преобразовательным устройством которого является регулируемый преобразователь частоты;
- асинхронный электропривод двойного питания – система «преобразователь частоты-двигатель», в которой обмотки статора и ротора асинхронного двигателя подключены к источнику энергии и одна из них получает питание от преобразователя частоты.

К регулируемым электроприводам относится каскадный электропривод – регулируемый электропривод переменного тока с асинхронным двигателем, в котором мощность скольжения с помощью преобразователей возвращается в сеть

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

переменного тока или на вал двигателя. Каскадный электропривод выполняется в виде:

- электрического каскада, в котором мощность скольжения возвращается в сеть;
- электромеханического каскада, в котором мощность скольжения преобразуется в механическую и возвращается на вал двигателя;
- вентильного каскада, в котором для преобразования мощности скольжения используется вентильный преобразователь;
- электромашинного каскада, в котором для преобразователя мощности скольжения используется электромашинный преобразовательный агрегат;
- машинновентильного каскада, в котором мощность скольжения через вентильный преобразователь поступает на якорь двигателя постоянного тока.

Регулируемый электропривод выполняется также в виде импульсного электропривода, скорость которого изменяется путем периодического включения и отключения источника питания, и резисторного электропривода, скорость которого изменяется путем изменения сопротивления резистора, включенного в силовую цепь электродвигателя [1].

Кроме основной операции – прокатки металла, на трубозлектросварочном стане производится ряд вспомогательных операций: перемещение металла в продольном и поперечном направлениях относительно линии стана, подача металла к валкам, кантовка и резка металла, регулировка положения прокатных валков и т. д. Все эти операции осуществляются с помощью различных механизмов стана, получивших название вспомогательных.

По назначению вспомогательные механизмы прокатных станов разделяются на ряд групп:

- транспортные механизмы – механизмы перемещения и изменения положения металла (слитковозы, рольганги, манипуляторы, кантователи, поворотные и подъемно-качающиеся столы, шлепперы, упоры, толкатели и т. д.);
- установочные механизмы – нажимные устройства для установки верхнего валка, реже верхнего и нижнего валков одновременно, устройства перевалки валков, перемещения клетей и т. д.;
- механизмы резки металла – ножницы поперечной и продольной резки, пилы и т. д.;
- механизмы для сматывания и разматывания металла – моталки, разматыватели.

В зависимости от режима работы различают вспомогательные механизмы:

- с режимом продолжительной нагрузки $S1$ (некоторые рольганги, дисковые ножницы, правильные механизмы);
- механизмы с режимом кратковременной нагрузки $S2$ (нажимные устройства сортовых и листовых непрерывных станов, механизмы перевалки валков, некоторые толкатели и упоры);
- механизмы с режимом повторно-кратковременной нагрузки $S3$ (приемные и рабочие рольганги, манипуляторы, кантователи, нажимные устройства, ножницы обжимных станов и т. д.).

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Тиристорные электроприводы с регулятором положения предназначены для механизмов, требующих автоматической установки рабочего органа в заданное положение либо синхронизации по положению с другим механизмом.

Тиристорный электропривод станка для мерной разрезки проката входит в группу следящих электроприводов с синхронизацией по скорости и положению с ведущим механизмом.

Требования к электроприводу станка для мерной разрезки проката:

- максимальная ошибка по частоте вращения двигателя не более 0,1–0,3 % при изменении нагрузки от нуля до номинальной и 0,5–1,5 % при изменении напряжения сети питания ± 10 % [1];

- частоты вращения электроприводов задают плавно, без толчков;

- требования к быстродействию электропривода определяются двумя показателями: временем реверса тока якоря, составляющим обычно 12 мс, и временем восстановления частоты вращения при толчке нагрузки, которое должно быть около 0,17–0,2 с.

К качеству работы тиристорных электроприводов с регулятором положения предъявляются следующие требования:

- формирование постоянного темпа замедления электропривода, что обеспечивает минимальное время отработки заданного положения;

- плавность отработки заданного положения, без «рывков» и перерегулирования;

- дискретность установки задания по положению не более 0,5% максимального перемещения;

- время отработки толчка задания положения на линейном участке характеристики 0,15–0,25 с [5].

4.2 Требования к электродвигателю

Требования:

- обмотки машины должны быть выполнены для режима продолжительного включения;

- универсальность исполнения;

- обмотки якоря должны быть рассчитаны для режимов с большой перегрузкой;

- повышенное отношение максимальной скорости к номинальной (примерно 4,0);

- эксплуатация при различных режимах работы.

Двигатели серии Д отвечают следующим требованиям:

- выполнение обмоток независимого возбуждения для режима продолжительного включения закрытой машины, что позволяет при повторно-кратковременных режимах коммутировать только цепь якоря. В режимах с независимой вентиляцией нагрев обмоток независимого возбуждения снижается примерно в два раза, а МДС обмотки из-за снижения ее активного сопротивления возрастает примерно на 20 %;

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

тающей сети $\pm 10\%$ номинального значения, для электроприводов с регулятором скорости - не более 1%;

- погрешность стабилизации скорости при изменении нагрузки от нуля до номинальной - не более 0,1-0,2 % при применении тахогенераторов с малыми пульсациями, например, типов ПТ и ТТ;

- быстродействующие системы регулирования скорости - время первого согласования при скачке небольшого задания скорости (без выхода на токоограничение) - не более 60мс;

- время реверса тока для реверсивных электроприводов с отдельным управлением - не более 30мс;

- наличие возможности ограничения скорости нарастания тока в якоре электродвигателя без изменения быстродействия контура тока;

- наличие возможности изменения и стабилизации заданного значения ускорения или замедления электродвигателя с погрешностью не хуже 5 %;

- время отработки скачка задания на входе пропорционального регулятора положения без ограничения тока - не более 0,25 с [5].

Выводы по разделу четыре: так как в станке для мерной резки проката применяется электродвигатель серии Д, в данном разделе показаны требования, предъявляемые к электродвигателям. Описаны требования установке и ее системе управления.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

5 ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ СТАНКА ДЛЯ МЕРНОЙ РАЗРЕЗКИ ПРОКАТА

5.1 Поверочный расчет мощности электродвигателя

Для выбора электродвигателя определяем момент и мощность резания. Схема резания проката представлена на рисунке 5.1 [8].

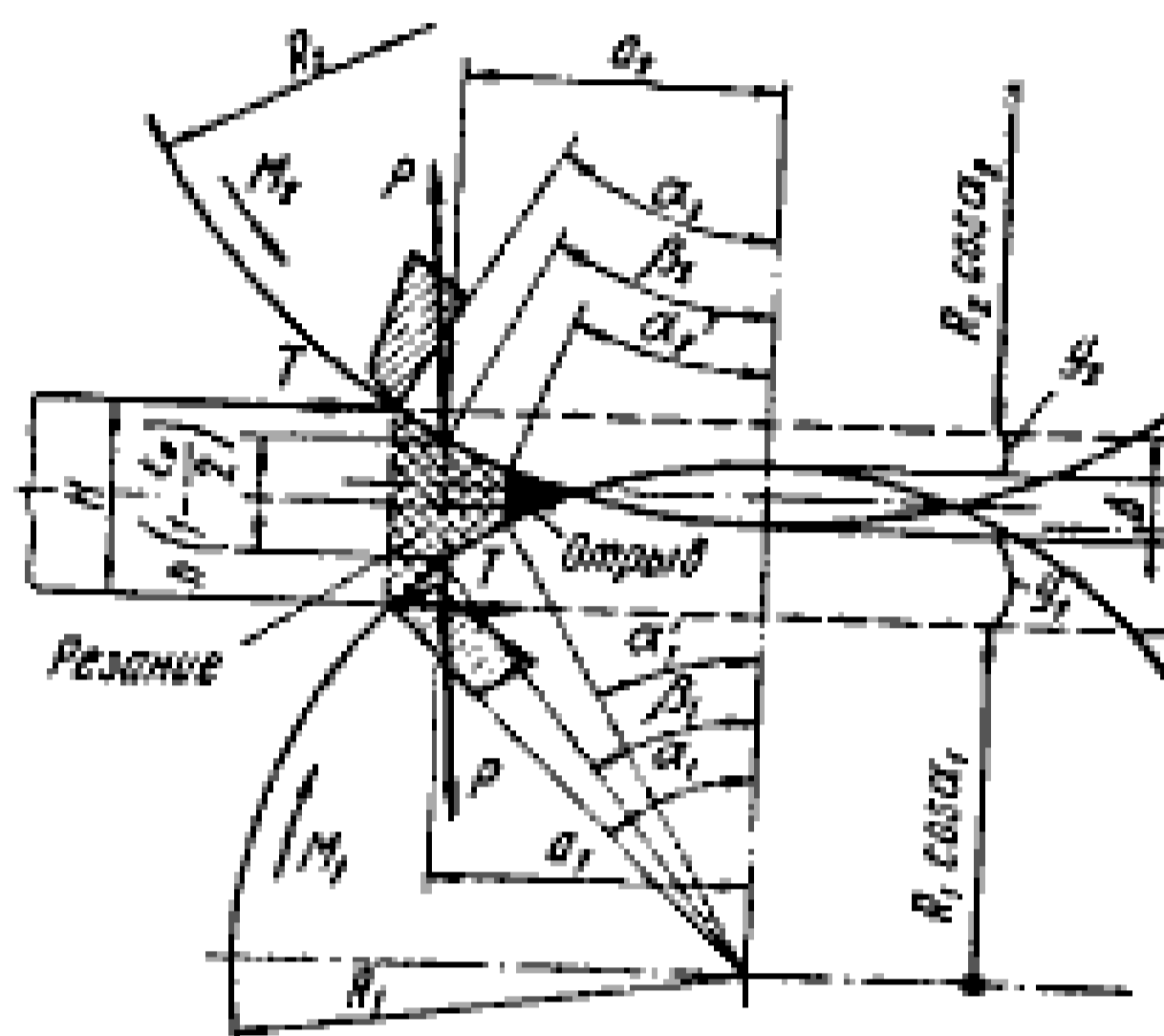


Рисунок 5.1 – Схема резания проката

Плечо приложения максимального усилия реза a , м

$$a = r_{cp} \cdot \sin \beta, \quad (5.1)$$

где r_{cp} – расстояние от оси вращения верхнего барабана до максимально удалённой точки на режущей кромке верхнего ножа, принимается равным 0,45 м;
 $\sin \beta$ – угол положения верхнего ножа, при котором усилие резания достигает максимального значения, принимается равным 0,205.

$$a = 0,45 \cdot 0,205 = 0,092.$$

Максимальный статический момент резания $M_{рез}$, кНм

$$M_{рез} = P \cdot a, \quad (5.2)$$

где P – усилие резания, равно 250 кН.

$$M_{рез} = 250 \cdot 0,092 = 24.$$

Максимальная мощность резания при КПД ножниц $\eta=0,85$ $P_{рез}$, кВт

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
						28

$$P_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{рез}} \cdot \omega}{\eta}, \quad (5.3)$$

где ω – угловая скорость ножниц, рад/с определяется по формуле (5.4).

$$\omega_M = \frac{v_M}{r_{\text{ср}}}, \quad (5.4)$$

где v_1 – скорость перемещения металла, принимается равной 2,5 м/с.

$$\omega_M = \frac{2,5}{0,45} = 5,21,$$

$$P_{\text{рез}} = \frac{24 \cdot 5,2}{0,85} = 146,8.$$

Электродвигатель постоянного тока серии Д814 мощностью 110 кВт [9].
Коэффициент перегрузки двигателя по мощности резания R

$$R = \frac{P_{\text{рез}}}{P_n}, \quad (5.5)$$

$$R = \frac{146,8}{110} = 1,33.$$

Допустимый коэффициент перегрузки $R = 2$.

5.2 Проверочный расчет двигателя

Мерная длина отрезаемого проката обеспечивается ножницами при работе их в режиме запусков на каждый рез, т.е. ножи разгоняются из исходного положения до скорости, соответствующей скорости проката, производят рез, а затем замедляются и останавливаются в исходном положении.

Установка ножниц в исходное положение производится по реверсивному графику скорости.

В таблице 5.1 приведены наиболее вероятные варианты раскроя заготовки на ножницах, принятые из тех соображений, что каждая заготовка режется на максимально допустимую (по размеру холодильника) длину с тем, чтобы максимально использовался холодильник при максимальной скорости прокатки.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

где u – передаточное число редуктора, принимается равным 4,27.

$$n_{\text{др. макс}} = 113 \cdot 4,27 = 483.$$

Суммарный маховый момент ножниц, приведенный к валу двигателя GD^2 ,
 Нм^2

$$GD^2 = GD_n^2 + GD_{\text{дв}}^2, \quad (5.9)$$

где GD_n^2 – маховый момент ножниц, приведенный к валу двигателя, Нм^2 определяется по формуле (4.10);

$GD_{\text{дв}}^2$ – маховый момент якоря двигателя, принимается равным 402,07 Нм^2 .

$$GD_n^2 = \frac{GD_1^2}{u^2} + GD_2^2 + GD_3^2, \quad (5.10)$$

где GD_1^2 – маховый момент верхнего и нижнего барабанов, шестерен, валов, Нм^2 ;

GD_2^2 – маховый момент приводного вала, Нм^2 ;

GD_3^2 – маховый момент зубчатой муфты, Нм^2 .

$$GD_n^2 = \frac{17475,04}{4,27^2} + 127,53 + 81,42 = 1166,99,$$

$$GD^2 = 1166,99 + 402,07 = 1569,06.$$

Время разгона до максимальной скорости t_p , с

$$t_p = \frac{GD^2 \cdot n_{\text{др макс}}}{375 \cdot M_{\text{п}}}, \quad (5.11)$$

где $M_{\text{п}}$ – средний момент двигателя при пуске, Нм определяется по формуле (5.12).

$$M_{\text{п}} = \lambda M_{\text{н}}, \quad (5.12)$$

где $M_{\text{н}}$ – номинальный момент двигателя, Нм ;

λ – рабочая перегрузка двигателя, принята равной 1,5.

$$M_{\text{п}} = 1,5 \cdot 2146,2 = 3219,3,$$

$$t_p = \frac{1569,06 \cdot 483}{375 \cdot 3219,3} = 0,63.$$

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Путь разгона (по валу механизма) до максимальной скорости $\varphi_p, ^\circ$

$$\begin{aligned}\varphi_p &= 3n_{\delta, \max} \cdot t_p, \\ \varphi_p &= 3 \cdot 113 \cdot 0,63 = 214.\end{aligned}\quad (5.13)$$

Путь установившегося движения (по валу механизма) $\varphi_{уст}, ^\circ$

$$\varphi_{уст} = 2\varphi_{н. \text{рез}}, \quad (5.14)$$

где $\varphi_{н. \text{рез}}$ – угол начала резания, равен $15^{\circ}05'$.

$$\varphi_{уст} = 2 \cdot 15^{\circ}05' \approx 31.$$

Принимаем $\varphi_{уст} = 60^{\circ}$.

Время работы на установившейся скорости $t_{уст}, \text{с}$

$$\begin{aligned}t_{уст} &= \frac{\varphi_{уст}}{6 \cdot n_{\delta, \max}}, \\ t_{уст} &= \frac{60}{6 \cdot 113} = 0,09.\end{aligned}\quad (5.15)$$

Время и путь торможения с рабочей скорости до нуля приняты $t_T = t_p$;
 $\varphi_T = \varphi_p$.

Время разгона ножниц до пониженной скорости (при реверсе) $t_{p \text{ пон}}, \text{с}$

$$t_{p \text{ пон}} = \frac{GD^2 \cdot n_{дв. \text{ пон}}}{375 \cdot Mп}, \quad (5.16)$$

где $n_{дв. \text{ пон}}$ – пониженная частота вращения двигателя, об/мин определяется по формуле (5.17).

$$n_{дв. \text{ пон}} = n_{\delta \text{ пон}} \cdot u, \quad (5.17)$$

где $n_{\delta \text{ пон}}$ – пониженная частота вращения механизма, принимается равной 30 об/мин.

$$\begin{aligned}n_{дв. \text{ пон}} &= 30 \cdot 4,27 = 128, \\ t_{p \text{ пон}} &= \frac{1569,06 \cdot 128}{375 \cdot 3219,3} = 0,17.\end{aligned}$$

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Путь разгона до пониженной скорости $\varphi_{p. \text{ пон.}}$ °

$$\varphi_{p. \text{ пон.}} = 3 \cdot n_{\text{б. пон.}} \cdot t_{p. \text{ пон.}}, \quad (5.18)$$

$$\varphi_{p. \text{ пон.}} = 3 \cdot 30 \cdot 0,17 = 16.$$

Время и путь торможения с пониженной скорости до нуля приняты $t_{T. \text{ пон.}} = t_{p. \text{ пон.}}$, $\varphi_{T. \text{ пон.}} = \varphi_{p. \text{ пон.}}$

Угол исходного положения ножей (отчитывается от положения реза по направлению движения ножа) принимается равным (по валу механизма) $\varphi_{н. н.}$ °

$$\varphi_{н. н.} = 360^\circ - \left(\varphi_p + \frac{\varphi_{\text{уст}}}{2} \right), \quad (5.19)$$

$$\varphi_{н. н.} = 360^\circ - \left(214 + \frac{60}{2} \right) = 116.$$

Путь установившегося движения на пониженной скорости (по валу механизма) $\varphi_{\text{пон.}}$ °

$$\varphi_{\text{пон.}} = \varphi_{\text{рев.}} - (\varphi_{p. \text{ пон.}} + \varphi_{T. \text{ пон.}}), \quad (5.20)$$

где $\varphi_{\text{рев.}}$ - путь, проходимый ножами при реверсе, определяется по формуле (5.21).

$$\varphi_{\text{рев.}} = \varphi_T + \frac{\varphi_{\text{уст}}}{2} - \varphi_{н. н.}, \quad (5.21)$$

$$\varphi_{\text{рев.}} = 214 + \frac{60}{2} - 116 = 128,$$

$$\varphi_{\text{пон.}} = 128 - (16 + 16) = 96.$$

Время работы на пониженной скорости $t_{\text{пон.}}$ с

$$t_{\text{пон.}} = \frac{\varphi_{\text{пон.}}}{6 \cdot n_{\text{б. пон.}}}, \quad (5.22)$$

$$t_{\text{пон.}} = \frac{96}{6 \cdot 30} = 0,53.$$

Суммарное время цикла t_{Σ} с

$$t_{\Sigma} = t_p + t_{\text{уст.}} + t_T + t_{p. \text{ пон.}} + t_{\text{пон.}} + t_{T. \text{ пон.}}, \quad (5.23)$$

$$t_{\Sigma} = 0,63 + 0,09 + 0,63 + 0,17 + 0,53 + 0,17 = 2,3.$$

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Суммарное время разгонов и торможений привода $t_{пер}, c$

$$t_{пер} = t_p + t_1 + t_{p\text{ пош}} + t_{T\text{ пош}}, \quad (5.24)$$

$$t_{пер} = 0,63 + 0,63 + 0,17 + 0,17 = 1,6.$$

Эквивалентный момент $M_{экв}, Нм$

$$M_{экв} = \sqrt{\frac{(\lambda \cdot M_H)^2 \cdot t_{пер}}{t_u}}, \quad (5.25)$$

$$M_{экв} = \sqrt{\frac{(1,5 \cdot M_H)^2 \cdot 1,6}{5,8}} = 0,8M_H.$$

Таким образом, для наиболее тяжелого режима работы ножниц выбранный двигатель может быть принят к установке

$$t_{\Sigma} < t_u \quad (t_{\Sigma} = 2,3 c; t_{u, мин} = 5,8 c) \quad M_{экв} < M_H \quad (M_{экв} = 0,8M_H) \quad (5.26)$$

График изменения момента резания от угла поворота барабанов ножниц представлен на рисунке 5.2.

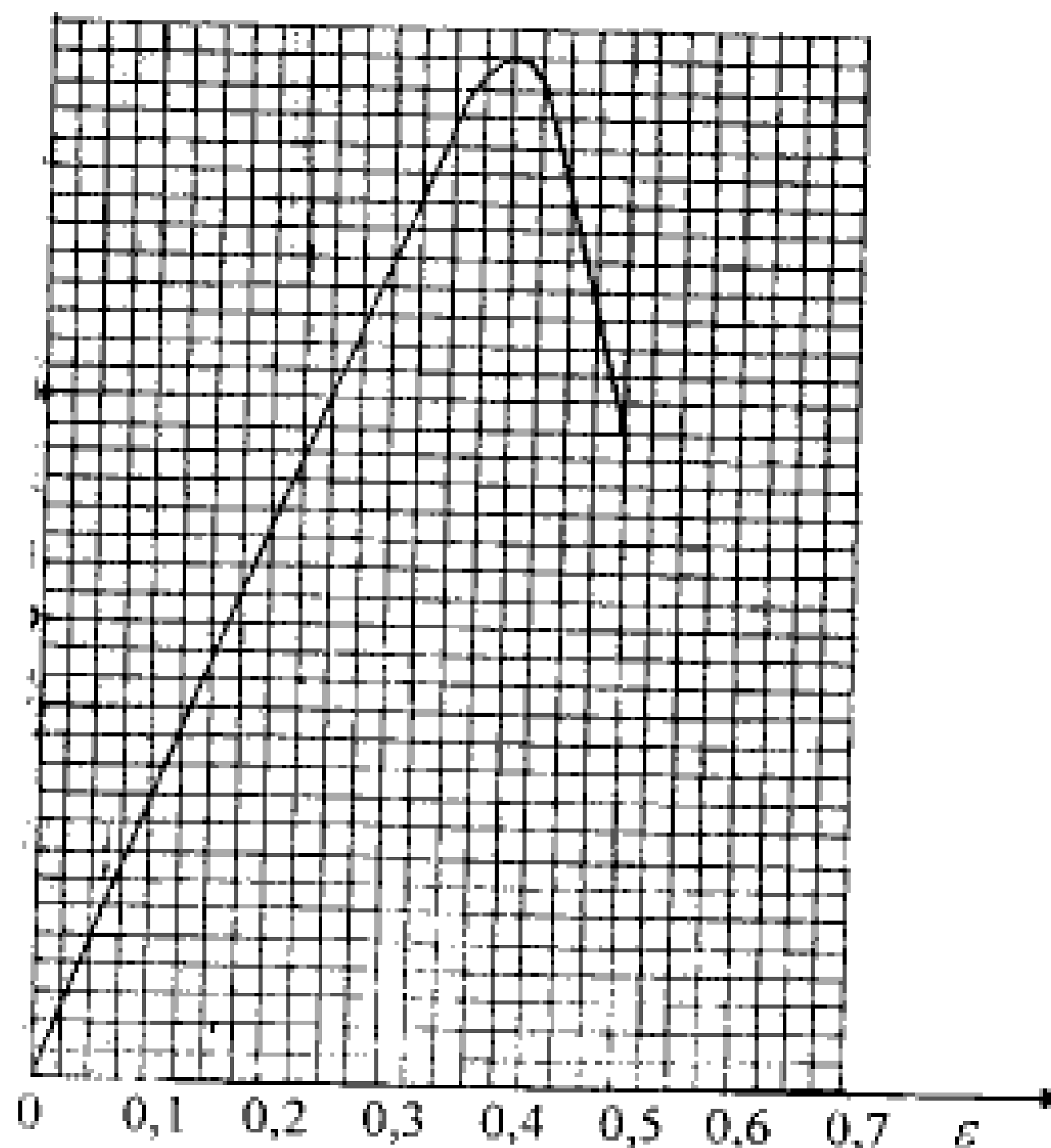


Рисунок 5.2 – График изменения момента резания от угла поворота барабанов ножниц

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

График скорости двигателя ножниц и круговая диаграмма для рассматриваемого режима приведены на рисунке 5.3.

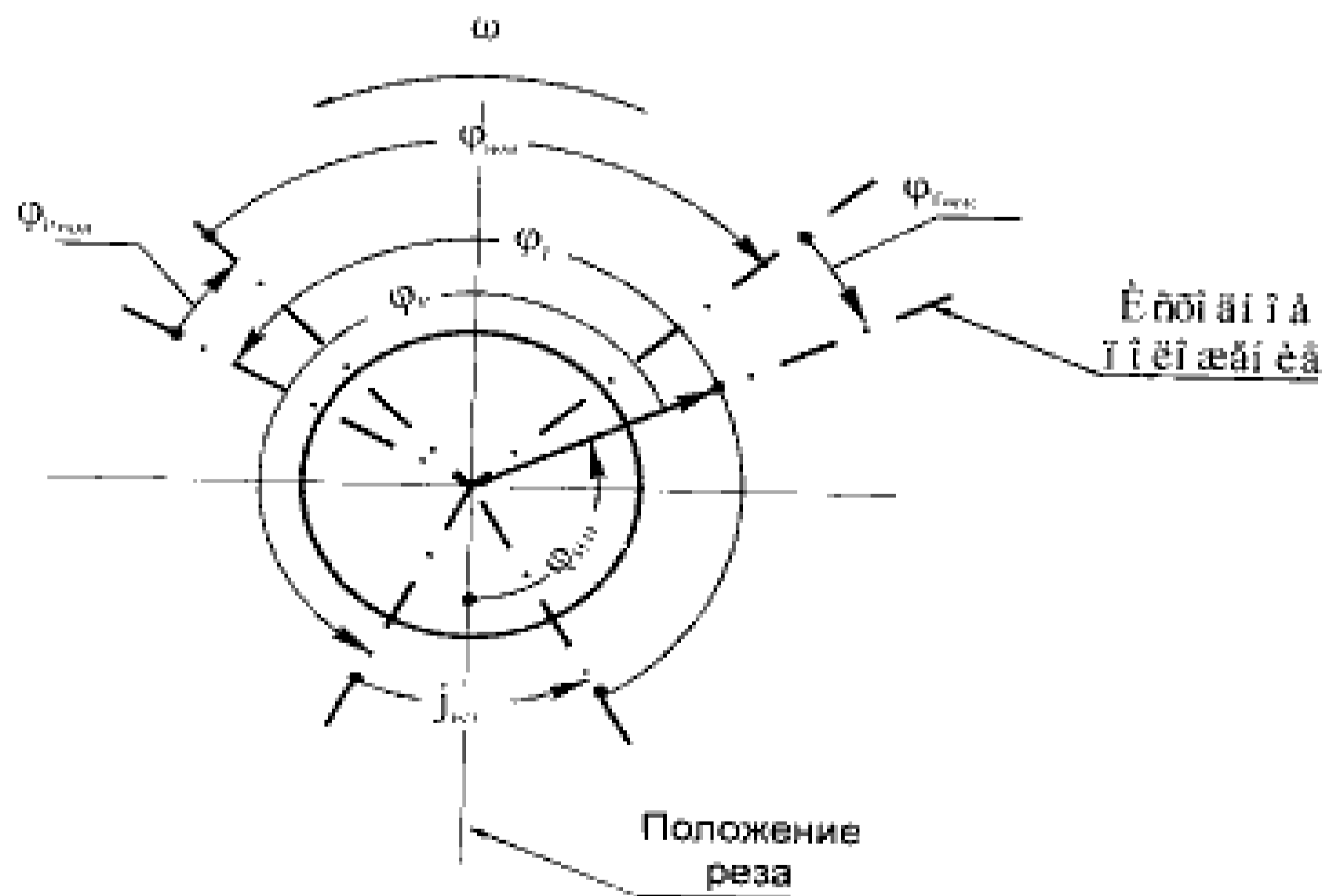
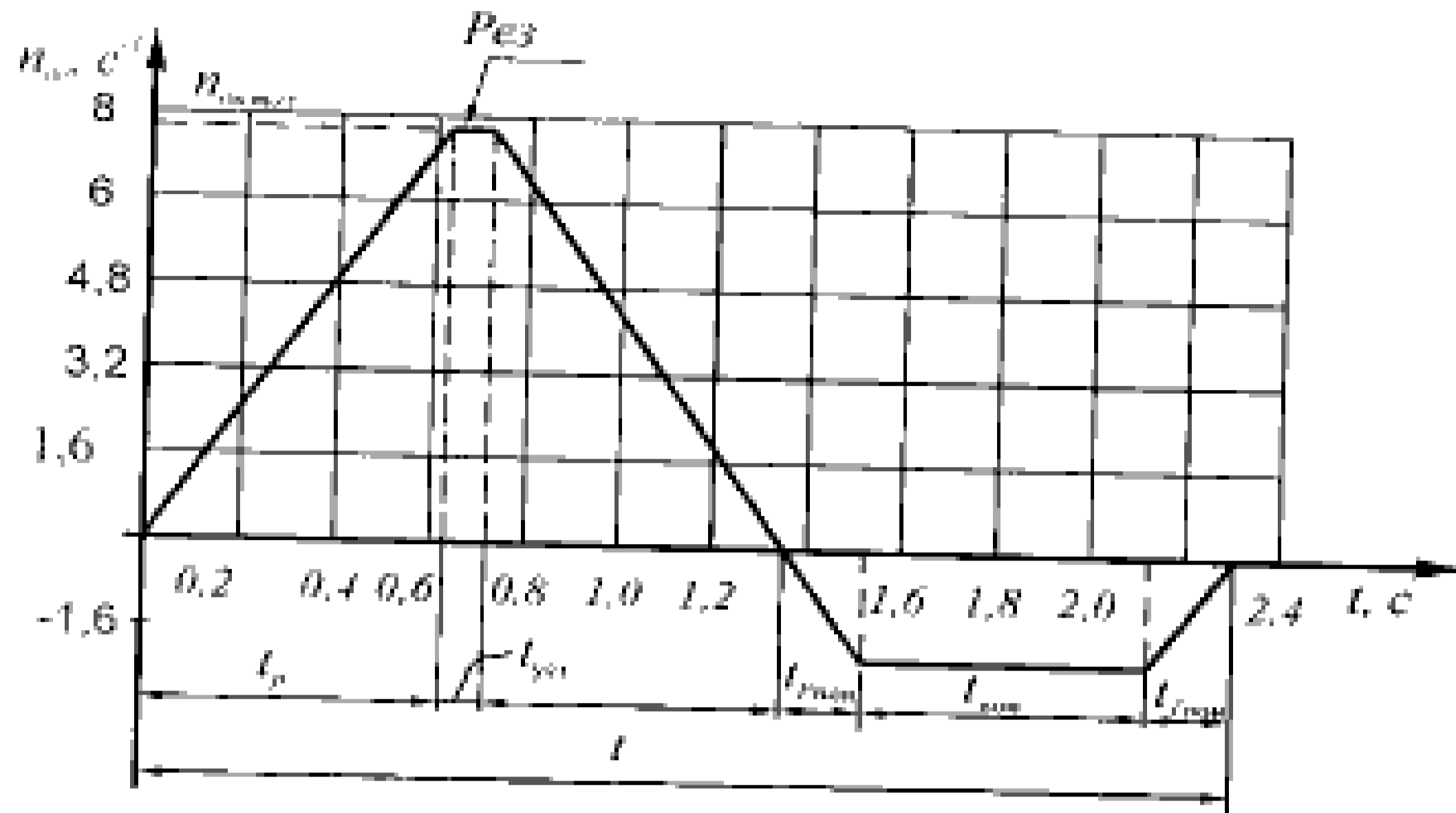


Рисунок 5.3 – График скорости двигателя ножниц и круговая диаграмма

Просадка скорости при резе.

Просадка скорости при резе определяется для минимальной скорости прокатки $v_{\min} = 2,5 \text{ м/с}$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

220700.2016.110.00 ПЗ

Лист

35

Минимальная частота вращения барабанов определяется по формуле $n_{б. мин}$, об/мин

$$n_{б. мин} = \frac{60 \cdot v_{мин} \cdot K_a}{2\pi R \cdot \cos \varphi_{пр}}, \quad (5.27)$$

$$n_{б. мин} = \frac{60 \cdot 2,5 \cdot 1,05}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,45 \cdot 0,9655} = 58.$$

Угловая частота вращения барабанов минимальная $\omega_{б. мин}$, рад/с

$$\omega_{б. мин} = \frac{\pi \cdot n_{б. мин}}{60}, \quad (5.28)$$

$$\omega_{б. мин} = \frac{3,14 \cdot 58}{30} = 6,07.$$

Время реза $t_{рез}$, с

$$t_{рез} = \frac{\alpha_{рез}}{\omega_{б. мин}}, \quad (5.29)$$

где $\alpha_{рез}$ – угол, на котором происходит рез, определяется по формуле (5.30).

$$\alpha_{рез} = \varphi_{Н рез} - \varphi_{К рез}, \quad (5.30)$$

где $\varphi_{крес}$ – угол конца реза, равен $10^{\circ}43'$.

$$\alpha_{рез} = 15^{\circ}05' - 10^{\circ}43' = 4^{\circ}22' (0,077 \text{ рад}),$$

$$t_{рез} = \frac{0,077}{6,07} = 0,012 \text{ с.}$$

В связи с тем, что время реза очень мало и ток двигателя не успеет существенно возрасти, можно считать, что рез происходит только за счет энергии маховых масс.

Частота вращения двигателя после реза n_2 , об/мин

$$n_2 = \sqrt{n_1^2 - \frac{7200 \cdot A_{рез}}{GD^2}}, \quad (5.31)$$

где n_1 – частота вращения двигателя ножниц перед резом, об/мин определяется по формуле (4.31);

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220700.2016.110.00 ПЗ					Лист
										36

$A_{рез}$ – энергия реза, принимается равной 1764 Дж.

$$n_1 = n_{б. макс} \cdot U, \quad (5.32)$$

$$n_1 = 58 \cdot 4,27 = 247 \text{ об / мин},$$

$$n_2 = \sqrt{247^2 - \frac{7200 \cdot 1764}{1569,06}} = 230 \text{ об / мин}.$$

Просадка скорости при резе $\Delta n, \%$

$$\Delta n = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%, \quad (5.33)$$

$$\Delta n = \frac{247 - 230}{247} \cdot 100\% = 6,8 \%$$

что можно считать допустимым.

Выводы по разделу пять: в данном разделе выполнен проверочный расчет мощности электродвигателя, представлена схема резания проката, графики изменения момента резания от угла поворота барабанов ножниц, график скорости электродвигателя ножниц и круговую диаграмму. По расчетам следует, что данный двигатель пригоден для работы.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

6 ВЫБОР ТИПА ТИРИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СТАНКА ДЛЯ МЕРНОЙ РАЗРЕЗКИ ПРОКАТА

В Российской Федерации заводы-изготовители выпускают тиристорные преобразователи с аналоговыми или цифровыми системами управления. Однако ведущие предприятия полностью перешли на выпуск тиристорных преобразователей с микропроцессорным управлением. Все задачи системы управления выполняются программно-аппаратным способом. Выходными сигналами системы управления являются управляющие импульсы тиристорного преобразователя главных цепей и возбuditеля, воздействия на устройство питания электромагнитного тормоза и аппараты защиты преобразователя, индикация режимов работы и причин аварийных отключений. Выходные сигналы формируются в функции внешних заданий и величин координат электропривода. Входными сигналами являются цепи задания величин и контактные сигналы.

Расчет мощности тиристорного преобразователя производится на основании следующих данных:

- а) номинальный ток обмотки якоря двигателя $I_{н.дв}$ равен 247 А;
- б) номинальное напряжение обмотки якоря двигателя $U_{ном}$ равно 440В;
- в) перегрузочная способность по току двигателя, $\lambda_{дв}$ составляет 1,8.

Номинальное значение тока преобразователя $I_{н.пр}$, А

$$I_{н.пр} \geq I_{н.дв} \frac{\lambda_{дв}}{\lambda_{пр}}, \quad (6.1)$$

где $\lambda_{пр}$ – перегрузочная способность преобразователя, принимается равной 2.

$$I_{н.пр} \geq 274 \cdot \frac{2}{1,8} = 304,14 \text{ А.}$$

Напряжение на выходе преобразователя $U_{вых. пр}$, В

$$U_{вых. пр} \geq 1,05 \cdot U_{ном}, \quad (6.2)$$
$$U_{вых. пр} \geq 1,05 \cdot 440 = 462 \text{ В.}$$

Для привода подачи *Simoreg DC-Master 6RA7082-6F V62* 480 В/ 450 А, реверсивный с питанием силовой цепи от трансформатора ТСЗ–160/0,66–75У4

Выбраны привода фирмы Siemens как изделие на уровне лучших мировых аналогов с относительно недорогой ценой характеризующиеся как:

- повышенная надежность;
- легко программируемые при наладке структуры систем автоматического регулирования;

									Лист
									38
Изм	Лист	Желобов	Питерков	Дата	220700.2016.110.00 ПЗ				

- двухпроводные интерфейсы для внешних средств автоматизации и диагностики;
- разветвленная система защит;
- встроенная система диагностики и записи аварийного сигнала.

Преобразователи фирмы Siemens допускают самонастройку на конкретный двигатель без участия специалиста-наладчика с установкой оптимальных уставок для системы электропривода, если нужна коррекция уставок системы управления, то применяют ручное параметрирование. Преобразователи других фирм не обеспечивают самопараметрирование электропривода – это главное достоинство данных преобразователей.

Общие технические данные:

- а) способ охлаждения – собственная вентиляция;
- б) допустимая температура окружающей среды при работе 0—45 °С;
- в) устойчивость к перегрузкам – 1,8 I_{ном};
- г) мощность потерь 680 Вт;
- д) постоянная регулирования:
 - Δn = 0,006 % номинальной скорости двигателя действует при импульсном режиме и цифровом задании;
 - Δn = 0,1 % от расчетной скорости вращения двигателя действительно при аналоговом тахогенераторе или при аналоговом задании;
- е) константа регулирования принимается относительно номинальной скорости двигателя и действует при рабочей температуре преобразователя *Simoreg*.

Ниже перечисленные условия являются основополагающими:

- изменения температуры ± 10 °С;
- изменения сетевого напряжения ±10% от номинального входного напряжения;
- постоянное задание (разрешение 14 бит);
- диапазон регулирования скорости 1:100 (гарантированная);
- погрешность регулирования тока якоря в статическом режиме не более 0,5%, эдс в статическом режиме 1%, динамического тока 1%;
- связь с электрооборудованием других производителей выполняется приемом стандартных, нормализованных сигналов по быстродействующей информационной сети последовательной связи;
- количество аналоговых и дискретных входов (выходов) в базовом варианте не превышает 24;
- сервисные возможности.

Системы управления предоставляют пользователю ряд сервисных возможностей, перечисленных ниже:

- оперативное изменение структуры автоматического регулирования, которое выполняется с помощью пультового терминала, встроенного в систему управления специальной сервисной программой;

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Исполн.	Дата		39

- оперативный доступ ко всем регулируемым параметрам электропривода с помощью пультового терминала (параметры выводятся в численном десятичном виде на односторонний дисплей пультового терминала);
- самонастройка наладочных параметров электропривода;
- уточненная индикация видов сработавших защит (при срабатывании защиты на пультовый терминал в алфавитном виде выводится первая из сработавших защит и все за ней последующие);
- автоматическая запись аварийного сигнала сервисной программы.

Программа является одной из сервисных и предназначена для:

- считывания заданных параметров электропривода, фиксируемых его системой управления (СУ) в течение определенного времени;
- графического отображения изменения данных параметров во времени;
- записи фиксируемых параметров в файл, с возможностью дальнейшей работы с этими данными в автономном режиме.

Основное применение программы – анализ аварийных ситуаций при работе электропривода, с целью установления и дальнейшего устранения причины, приведшей к аварийной ситуации.

Программа может также использоваться при наладке изделия для настройки требуемых параметров, а также для контроля параметров при текущей эксплуатации.

Анализ технической информации может производиться подключением к системе устройства типа Ноутбук или стандартных ПЭВМ.

Считанная программой информация может быть передана по сети «Интернет» для анализа и выдачи рекомендаций [12].

Семейство комплектных микропроцессорных электроприводов постоянного тока *Simoreg DC Master 6RA70* имеет подходящие типы как для высоко комплексных приводных задач, так и для стандартных решений.

Приводы высоко динамичны: время возбуждения либо время нарастания вращающего момента находится в пределах до 10 мс. И это в диапазоне мощностей от 6,3 до 2000 кВт для запитки через якорь или внешним магнитным полем, для приводов, работающих в одном или четырех квадрантах.

Диапазон номинальных токов у *Simoreg DC Master* от 15 до 2000 А и может быть расширен до 10000 А (путем параллельного соединения преобразователей, максимумо – 5 блоков); диапазон напряжений – от 400 до 830 В.

Стандартные функции скоростного электропривода, построенного на современной микропроцессорной базе:

- цифровая система импульсно-фазового управления (СИФУ) реверсивного тиристорного преобразователя цепи тока якоря;
- цифровая контур тока якоря;
- цифровая контур скорости;
- цифровая контур тока возбуждения;
- цифровая контур эде.

Преимущества стандартного привода *Simoreg*:

								220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Изм.	Дата					40

- полная интеграция в автоматизационный ландшафт;
- очень быстрый и простой ввод в эксплуатацию;
- построение полностью по модульному принципу - от стандартных до высокотехнологичных решений;
- простейшее обслуживание за счет одной концепции задания параметров;
- широкий диапазон возможных мощностей и напряжений;
- однородное построение системы обслуживания;
- возможность широкого использования в различных областях применения;
- высокая надежность в работе и высокий коэффициент использования.

Simoreg DC Master очень просты в управлении извне. Для этого нет необходимости знания программирования, все настройки производятся через устройство параметризации.

Установка параметров может также производиться с помощью персонального компьютера с использованием удобных меню – для быстрого ввода в эксплуатацию, а также для простой визуализации при исполнении *Simovis*.

Дополнительно поставляемая комфортная панель-пульт оператора *Opis* с алфавитно-цифровым дисплеем с 4 строками по 16 знаков для вывода сообщений представляет еще больше преимуществ в отношении комфорта и возможностей. Это позволяет отображать физические величины, осуществлять ручной ввод данных и сохранять данные; это позволяет осуществлять простой ввод в эксплуатацию за счет быстрой электронной установки параметров тока, а также производить быстрый ввод в эксплуатацию систем с повторяемыми блоками.

Отсутствует необходимость аппаратных изменений. Также отпадает необходимость установки конфигурационных переключателей и потенциометров. По окончании наладочных работ устанавливается система паролей, определяющая уровень доступа эксплуатационного персонала к различным группам параметров.

При использовании пульта *Opis* возможно простое считывание и запись параметров в режиме офлайн и онлайн. Панель-пульт оператора *Opis* совместима со всеми устройствами *Simoreg DC Master* и *Simovert Master Drives*.

Система управления технологическим процессом может быть реализована на базе модуля технологии T400, являющегося стандартизованным опционом (дополнением) *Simoreg 6RA70*. Модуль технологии размещается в специальном электронном боксе, встроенном в *Simoreg*.

Таким образом, в одном комплектном микропроцессорном устройстве выполняются функции двух систем – системы управления собственно электроприводом и технологической системы.

Ввод в эксплуатацию системы управления электроприводом осуществляется посредством параметризации контуров регулирования. Параметризация проводится при помощи сервисного пульта оператора *Opis*.

Ввод в эксплуатацию системы управления технологическим процессом осуществляется посредством программирования модуля технологии T400. Программирование проводится при помощи персонального компьютера с установленным на нем пакетом программирования *D7-ES*.

						220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			41

Кроме программных модулей, решающих технологические задачи, блок «Технология» включает специальный пакет программ коммуникации, обеспечивающий доступ к необходимым для эксплуатационного персонала параметрам модуля T400 с пульта оператора *Opis*. Этот же специальный коммуникационный пакет обеспечивает работу с дополнительным пультом оператора-технолога, например, панель *OPT/DP-12* ряда *SIMATIC HMI* (изготовитель *SIEMENS*).

Приводы *Simoreg DC Master* полностью интегрированы в мир автоматизации, подходят для любой системы и прекрасно общаются с другими частями системы независимо от того, произведены ли они фирмой *SIEMENS* или другими изготовителями.

Simoreg DC Master делает ставку на открытую и стандартизированную систему полевых шин *PROFIBUS-DP* с использованием коммуникационного модуля *CBP2*, непосредственное подключение к персональному компьютеру через интерфейс *RS232* и коммуникацию по типу "узел - узел". При этом *PROFIBUS-DP* является центральным средством коммуникации между средствами автоматизации. Модуль *CBP2* устанавливается непосредственно в электронный бокс *Simoreg DC Master*.

С использованием передовой технологии *VICO* система *Simoreg DC Master* открывает новые границы возможностей программных средств. При этом два мощных процессора выполняют функции управления и регулирования приводами для цепей якоря и поля. Функциональные блоки соединяются друг с другом с помощью техники *VICO* и образуют ориентированный на конкретный случай функциональный модуль - на этапе задания параметров.

Обмен данными между отдельными преобразователями тока производится по принципу "узел - узел" по интерфейсу *RS485*, таким образом реализуется очень быстрая цифровая передача заданных значений по каскадам.

Преобразователи *Simoreg DC Master* серии *6RA70* являются полностью цифровыми компактными преобразователями с питанием от трехфазной сети и служат для питания якоря и обмотки возбуждения двигателей постоянного тока с регулируемой скоростью с номинальными токами якоря от 15 до 2200А. Параллельным включением компактных преобразователей возможны токи до 10000 А. Питание обмотки возбуждения возможно с токами до 35 А (в зависимости от номинального постоянного тока якоря).

Преобразователи *Simoreg DC Master* серии *6RA70* отличаются компактным экономичным конструктивным исполнением. Компактная конструкция обеспечивает высокое удобство эксплуатации благодаря удобству доступа к каждому компоненту. Корзина электроники содержит базовую плату управления, а также возможные дополнительные платы.

Все преобразователи *Simoreg DC Master* оборудованы простой панелью управления *PMU* размещенной на дверце преобразователя.

PMU состоит из:

- пятизначного семисегментного индикатора;
- 3 светодиодов для индикации состояния;
- 3 клавиш для доступа к параметрам.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Дополнительно на *PMU* находится штекерная колодка X300 с интерфейсом *USS* со стандартами *RS232* и *RS435*. Все действия, необходимые для ввода в эксплуатацию, настройки, установки и индикации измеренных значений могут быть выполнены с *PMU*.

Оptionальная панель управления преобразователей *Opis* может монтироваться либо на дверце преобразователя, либо вне преобразователя, например, на двери шкафа. Кроме того, можно подключать *Opis* с помощью кабеля длиной до 5 м. С отдельным питанием 5В возможно увеличение длины кабеля до 200 м. *Opis* присоединяется к *Simoreg DC Master* через штекерную колодку X300. Применением *Opis* – недорогая альтернатива измерительным приборам электрошкафа для индикации измеренных величин и технологических параметров. Жидкокристаллический дисплей *Opis* имеет разрешение 4x16 знаков, отображает значение параметров в удобном для восприятия виде с краткими пояснениями. *Opis* имеет встроенную энергонезависимую память и может сохранять наборы параметров преобразователя и легко переносить их в другие преобразователи.

С помощью последовательного интерфейса базового блока преобразователь может также параметрироваться посредством стандартного персонального компьютера и прилагаемого к преобразователю бесплатного программного обеспечения. Этот интерфейс служит для ввода в эксплуатацию, технического обслуживания или диагностирования во время эксплуатации и является таким образом сервисным интерфейсом. Кроме того, программное обеспечение преобразователя, которое хранится во Flash-памяти, может обновляться с помощью этого интерфейса.

Питание якоря происходит в 1х-квadrантных (1Q) преобразователях посредством полностью-управляемого моста трехфазного тока *V6C*, у преобразователей 4х-квadrантных посредством 2х полностью управляемых встречно-параллельных мостов трехфазного тока с раздельным управлением (V6) A (V6) C. Питание обмотки возбуждения осуществляется от однофазной двухполупериодной полупроводимой мостовой схемы *V2HZ*.

Частоты напряжения питающей сети якоря и возбуждения могут быть различны (в диапазоне от 45 до 65 Гц). Эксплуатация в расширенной полосе частот от 23 до 110 Гц возможна по запросу. Порядок следования фаз питания якоря может быть любым. У преобразователей с номинальным постоянным током от 15 до 1200А силовая часть построена и для якоря, и для возбуждения на электрически изолированных тиристорных модулях, при этом на радиаторе нет высокого напряжения. У преобразователей с более высокими номинальным постоянным током силовая часть построена для цепи якоря на таблеточных тиристорах и радиаторы, как и элементы крепления тиристора, находятся под потенциалом питающего напряжения. Корпуса и изолирующие крышки на зажимах силовых подключений дают защиту против непреднамеренного контакта при работах поблизости преобразователей. Все соединительные клеммы доступны спереди. За охлаждением силовой части наблюдает датчик температуры.

Источник задания скорости и его дополнительных значений задается через бинекторы с функцией "фиксированное задание" представленной на рисунке 6.1.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Все переменные выхода и важные расчетные величины внутри функциональных блоков доступны как "коннекторы" (например, для дальнейшей обработки как входные сигналы к функциональным блокам).

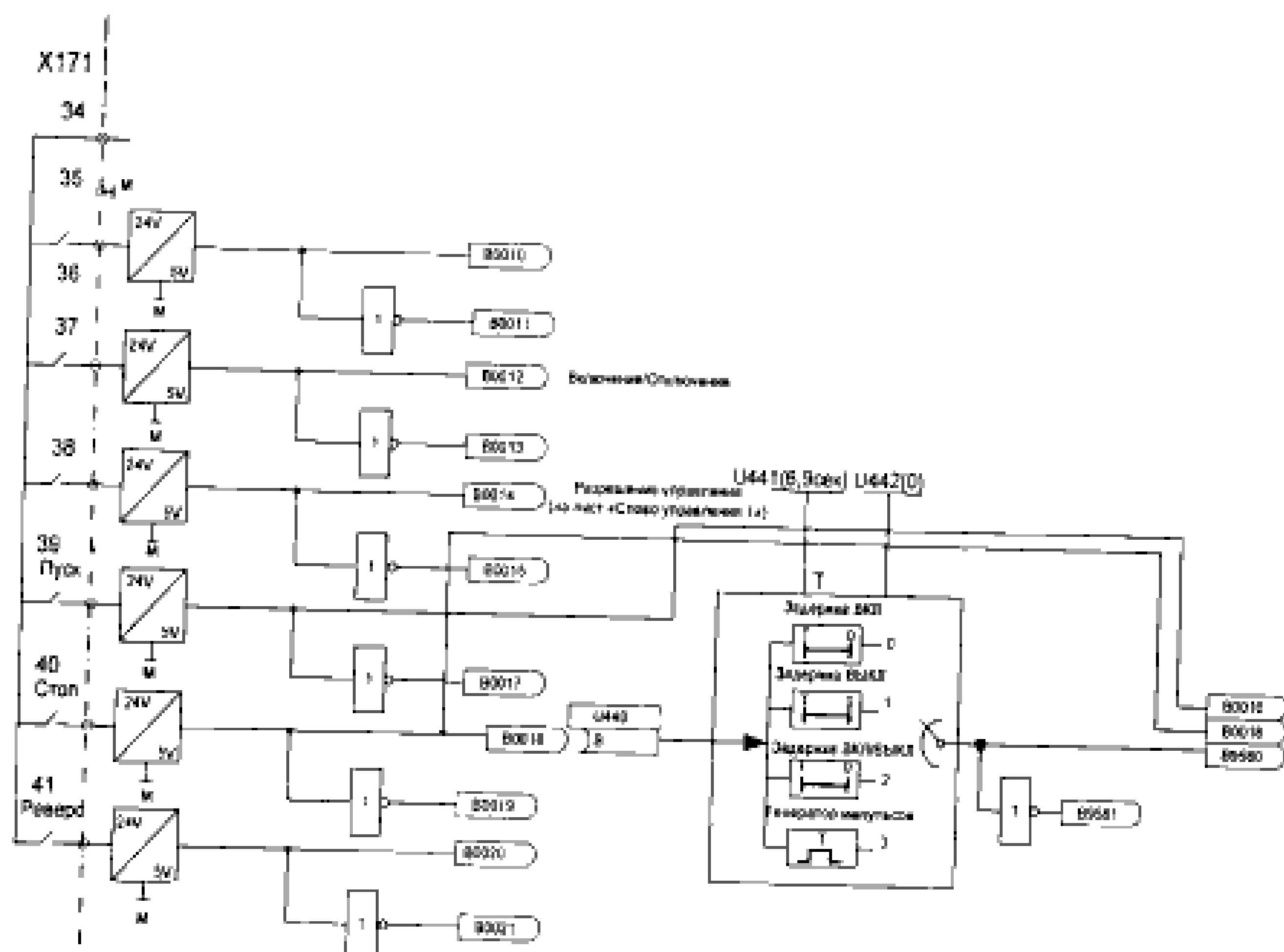


Рисунок 6.1 – Бинарные входы источника задания скорости

Величины, доступные через коннекторы, соответствуют сигналам на выходе или точкам измерения в аналоговой схеме, и характеризуется через собственный "номер коннектора" (например, K0001 соответствует коннектор 1).

Все бинарные величины, а также важные бинарные выходные сигналы функциональных блоков представлены как «бинекторы» (коннекторы для бинарных сигналов). Бинекторы могут находиться в состояниях логического «0» и логической «1». Величины, доступные через бинекторы соответствуют сигналам на выходе или точкам измерения в цифровой схеме и характеризуются «номером бинектора» (например, B0001 соответствует бинектор 1).

Задатчик интенсивности определяет темп разгона и торможения привода, а также величину закругления в начале и в конце разгона (торможения). Выход задатчика интенсивности ограничивается значениями, заданными в параметрах P300 и P301 (в процентах от максимальной скорости). Функциональная схема задатчика интенсивности представлена на рисунке 6.2.

Эффективными ограничениями являются:

P300 – положительное ограничение на выходе задатчика интенсивности;

P301 – отрицательное ограничение на выходе задатчика интенсивности.

Верхний предел – минимальное значение P300 из четырех коннекторов, выбранных в P632;

Нижний предел – максимальное значение P301 из четырех коннекторов, выбранных в P633;

P632 – источник для переменного положительного ограничения на выходе задатчика интенсивности. Выбор коннектора для ввода переменного положительного ограничения на выходе задатчика интенсивности (ограничения уставки).

					220700.2016.110.00 113	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

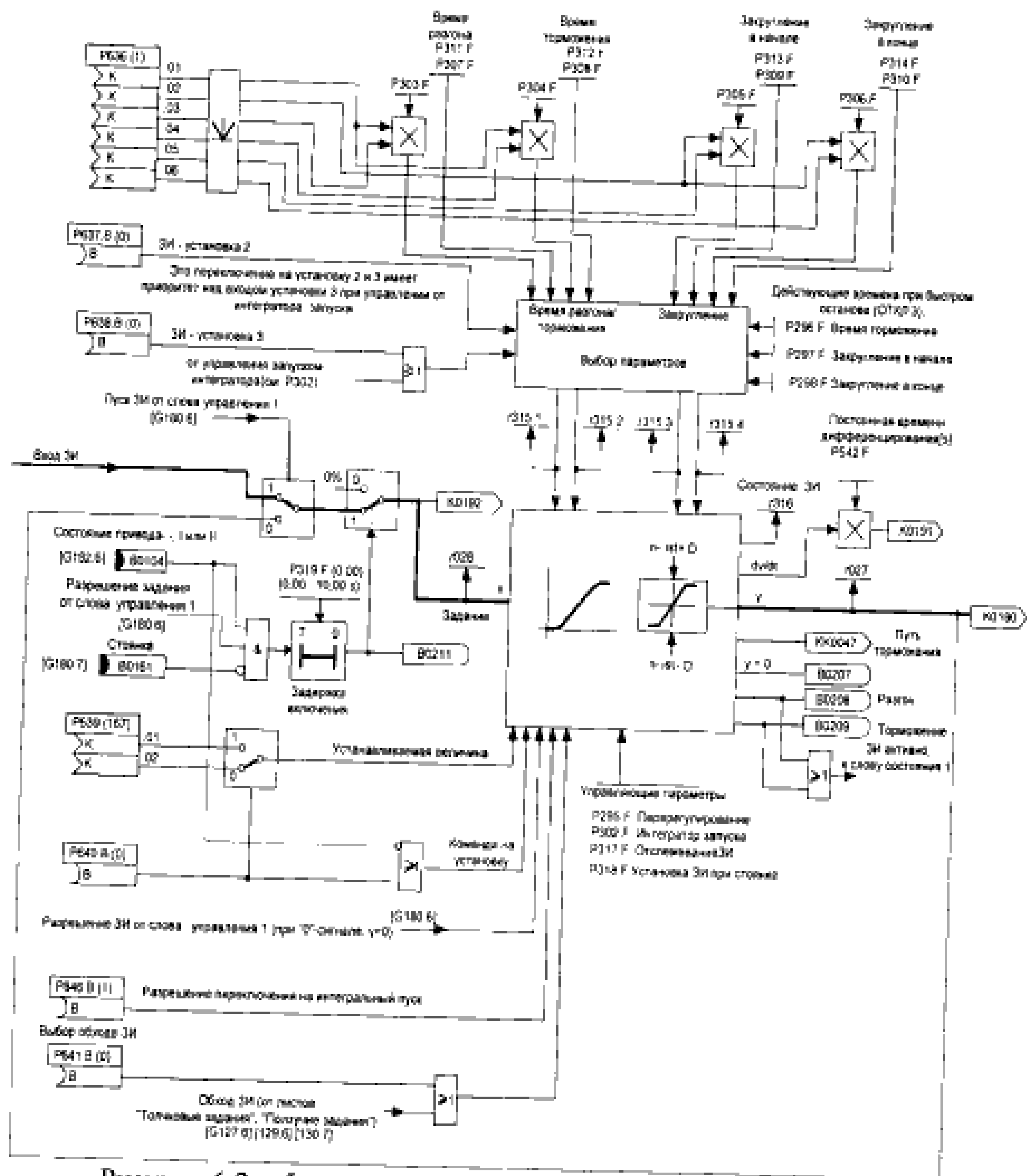


Рисунок 6.2 – Функциональная схема задатчика интенсивности

0 = коннектор K0000;

1 = коннектор K0001;

P633 – источник для переменного отрицательного ограничения на выходе задатчика интенсивности. Выбор коннектора для ввода переменного отрицательного ограничения на выходе задатчика интенсивности (ограничения уставки).

0 = коннектор K0000;

- 8 = коннектор K0008;
 - 9 = значение доступа параметром P642 (выбранная граница в параметре 642.1 инвертируется и используется как отрицательная);
 - 10 = коннектор K0010, и т.д.
- Функциональная схема регулятора тока представлена на рисунке 6.3.

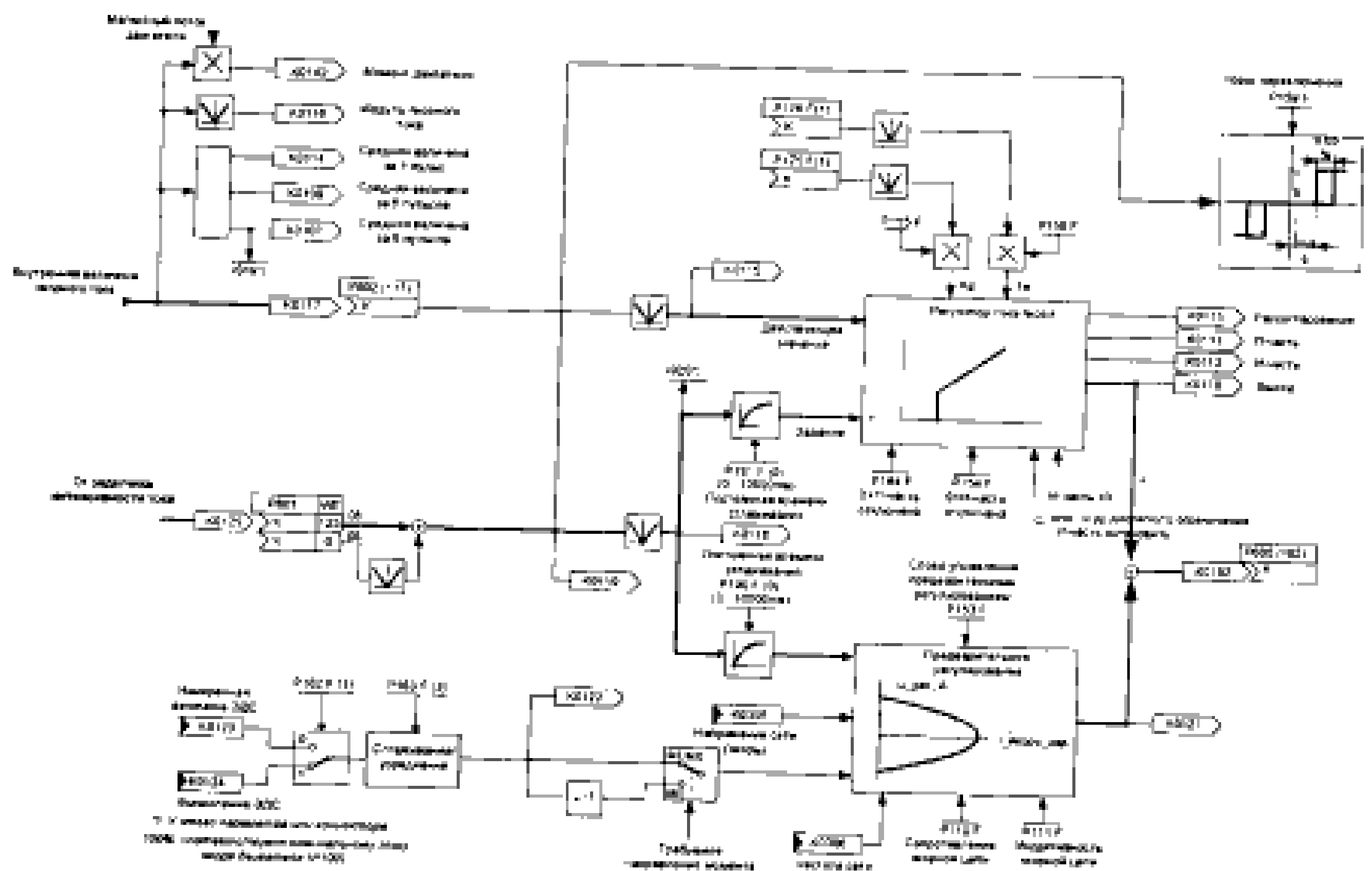


Рисунок 6.3 – Функциональная схема регулятора тока

Регулятор тока выполнен как ПИ-регулятор с независимыми друг от друга настраиваемыми П-усилением и постоянной времени регулирования. При этом составляющие П и И могут отключаться (чистое П- или И- регулирование).

Текущее значение тока регистрируется на стороне переменного тока при помощи трансформатора тока и передается через полное сопротивление трансформатора и выпрямитель на аналогово-цифровой преобразователь. Разрешение составляет 10 бит на номинальный ток преобразователя. В качестве задания по току используется выход ограничителя тока. Выход регулятора тока выдает на блок управления управляющий угол, параллельно этому действует управление с двойным усилением. Такое управление в контуре регулирования тока улучшает динамику регулирования. Благодаря этому становится возможным таймерный интервал регулирования от 6 до 9 мс. Управление с двойным усилением действует в зависимости от задания по току и ЭДС двигателя и обеспечивает благодаря этому при прерывистом и непрерывном токе и даже при смене направления момента ввод необходимого управляющего угла в блок управления [12].

Выводы по разделу шесть: в данном разделе произведен выбор и расчет тиристорного преобразователя *Simoreg DC-Master 6RA7082-6F V62 480 В/450 А* (благодаря этому становится возможным таймерный интервал регулирования от 6 до 9мс). Являются полностью цифровыми компактными преобразователями с питанием от трехфазной сети и служат для питания якоря и обмотки возбуждения двигателей постоянного тока с регулируемой скоростью с номинальными токами якоря от 15 до 2200А. Параллельным включением компактных преобразователей возможны токи до 10000 А. Данный тиристорный очень просты в управлении извне. Для этого нет необходимости знания программирования, все настройки производится через устройство параметризации.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

7 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ И ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

7.1 Данные оборудования

Данные оборудования электропривода представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Данные оборудования

Параметр	Значение
Двигатель	
– тип	Д814
– номинальная мощность $P_{2н}$, кВт	110
– номинальное напряжение U_n , В	440
– номинальный ток I_n , А	274
– номинальная частота вращения n_n , об/мин	490
– номинальный момент M_n , Нм	2190
– максимальная перегрузка по току рабочая λ_p , А	2
– число полюсов $2p$	4
– сопротивление якоря r_a , Ом	0,0325
– сопротивление обмотки дополнительных полюсов $r_{оп}$, Ом	0,019
– сопротивление стабилизирующей обмотки $r_{св}$, Ом	0,0067
Тиристорный преобразователь	
– номинальное выпрямленное напряжение $U_{dн}$, В	480
– номинальный выпрямленный ток $I_{dн}$, А	450
Трансформатор	
– тип	ТСЗ-160/0,66-75У4
– номинальная мощность P_n , кВа	160
– номинальное напряжение сетевой обмотки $U_{н1}$, В	380
– номинальное напряжение вентильной обмотки $U_{н2}$, В	400
– напряжение короткого замыкания $U_{кз}$, %	4,5
– потери при КЗ $\Delta P_{кз}$, Вт	2060
Сглаживающий дроссель	
тип	ФРОС-65/0,5Т
номинальный ток I_n , А	250
индуктивность $L_{сд}$, мГн	1,5
Тахогенератор	
– тип	ПГ-32

Окончание таблицы 7.1.

Параметр	Значение
– номинальная частота вращения тахогенератора $n_{тг}$, об/мин	600
– номинальное напряжение тахогенератора $U_{тг}$, В	230
– коэффициент передачи тахогенератора $K_{тг}$, В / об / мин	0,33
Шунт в цепи якоря:	
– номинальный ток $I_{ш}$, А	500
– номинальное напряжение $U_{ш}$, мВ	75
– коэффициент передачи шунта $K_{ш}$, В/А	$0,15 \cdot 10^{-3}$

7.2 Определение параметров объекта регулирования

Активное сопротивление якоря двигателя в нагретом состоянии R_a , Ом

$$R_a = 1,24(r_a + r_{лп} + r_{сн}), \quad (7.1)$$

$$R_a = 1,24(0,0325 + 0,019 + 0,0067) = 0,072 \text{ Ом.}$$

Фиктивное сопротивление вентильного преобразователя от анодного перекрытия R_{ϕ} , Ом

$$R_{\phi} = \frac{A \cdot U_{к\%} \cdot U_{ан}}{100\% \cdot I_{ан}}, \quad (7.2)$$

где A – для схем шестифазного выпрямления принимается равным 0,5.

$$R_{\phi} = \frac{0,5 \cdot 4,5 \cdot 440}{100\% \cdot 500} = 0,02 \text{ Ом.}$$

Активное сопротивление трансформатора $R_{тр}$, Ом

$$R_{тр} = \frac{\Delta R_{кз} \cdot U_{2н}^2}{P_n^2}, \quad (7.3)$$

$$R_{тр} = \frac{2060 \cdot 400^2}{160^2 \cdot 10^6} = 0,013 \text{ Ом.}$$

Индуктивность обмотки якоря двигателя L_a , мГн

$$L_a = K \frac{U_a}{2p \cdot n_n \cdot I_a}, \quad (7.4)$$

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

$$L_s = 5 \frac{440 \cdot 10^3}{4 \cdot 490 \cdot 274} = 4,1 \text{ мГн.}$$

Индуктивность трансформатора $L_{тр}$, мГн

$$L_{тр} = \frac{X_{\alpha}}{\omega}, \quad (7.5)$$

где X_{α} – реактивное сопротивление, Ом определяется по формуле (7.6).

$$X_{\alpha} = \sqrt{z^2 - R_{тр}^2}, \quad (7.6)$$

где z – полное сопротивление, Ом определяется по формуле (7.7).

$$z = \frac{U_{к\%} \cdot U_{2н}}{100\% \cdot I_{2р} \cdot \sqrt{3}} = \frac{U_{к\%} \cdot U_{2н}^2}{100\% \cdot P_n}, \quad (7.7)$$

$$z = \frac{4,5 \cdot 400^2}{100\% \cdot 160 \cdot 10^3} = 0,045 \text{ Ом,}$$

$$X_{\alpha} = \sqrt{0,045^2 - 0,013^2} = 0,043 \text{ Ом,}$$

$$L_{тр} = \frac{0,043 \cdot 10^3}{6,28 \cdot 50} = 0,14 \text{ мГн.}$$

Сглаживающий дроссель имеет индуктивность $L_{сд} = 1,5$ мГн.

Допускаемая величина пульсации тока в якоре цепи при нормальной скорости и номинальном токе нагрузки $i_c \leq 2\%$.

Тогда необходимая величина индуктивности сглаживающего дросселя $L_{сд}$, мГн

$$L_{сд} \geq \frac{e_n \cdot U_{дв}}{i_c \cdot \omega \cdot m \cdot I} - (L_s + 2L_{тр}), \quad (7.8)$$

где e_n – относительная величина эффективного значения выпрямленного напряжения, определяется из графика $e_n = f(\alpha_{рег})$ [10];

$\alpha_{рег}$ – угол управления тиристорами, ° определяется по формуле (7.10);

$U_{дв}$ – напряжение преобразователя, В определяется по формуле (7.9);

ω – угловая частота сетевого напряжения, принимается равной 314 рад/с;

m – число фаз, для трехфазной мостовой схемы равно 6;

I – ток нагрузки, А принимается равным 1,5 А.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$U_{do} = \frac{2,34 \cdot U_{2n}}{\sqrt{3}}, \quad (7.9)$$

$$U_{do} = \frac{2,34 \cdot 400}{\sqrt{3}} = 540 \text{ В.}$$

$$\alpha_{\text{рег}} = \arccos \left(\frac{K_e \cdot n_n + \lambda \cdot I_n \cdot R_a}{U_{do}} \right), \quad (7.10)$$

где K_e – коэффициент передачи, В/об/мин определяется по формуле (7.11).

$$K_e = \frac{U_n - I_n R_a}{n_n}, \quad (7.11)$$

$$K_e = \frac{440 - 274 \cdot 0,072}{490} = 0,86 \text{ В / об / мин,}$$

$$\alpha_{\text{рег}} = \arccos \left(\frac{0,86 \cdot 490 + 1,5 \cdot 274 \cdot 0,072}{540} \right) = 33^\circ.$$

При этом $e_n = 0,14$ [10].

$$L_{ca} \geq \frac{0,14 \cdot 540 \cdot 10^3}{0,02 \cdot 1885 \cdot 1,5 \cdot 274} - (4,1 + 2 \cdot 0,14) = 0,5 \text{ мГн.}$$

При этом индуктивность якорной цепи L_a , мГн

$$L_{як} = L_a + L_{ca} + 2L_{тр}, \quad (7.12)$$

$$L_{як} = 4,1 + 1,5 + 2 \cdot 0,14 = 5,88 \text{ мГн.}$$

Пульсация тока i_c , %

$$i_c = \frac{e_n \cdot U_{do}}{L_{як} \cdot \omega \cdot \lambda \cdot I_n} \cdot 100\%, \quad (7.13)$$

$$i_c = \frac{0,14 \cdot 540}{5,88 \cdot 10^{-3} \cdot 1885 \cdot 1,5 \cdot 274} \cdot 100\% = 1,7 \text{ \%}.$$

При минимальной скорости $n_{\text{min}} = 0$ угол регулирования будет равен $\alpha_{\text{рег}} = \alpha_{\text{пред}}$. Угол $\alpha_{\text{пред}}$, °

$$\alpha_{\text{пред}} = \arccos \left(\frac{K_e n_{\text{min}} + \lambda \cdot I_n \cdot R_a}{U_{do}} \right), \quad (7.14)$$

$$\alpha_{\text{пред}} = \arccos\left(\frac{0,86 \cdot 0 + 1,5 \cdot 274 \cdot 0,072}{540}\right) = 87^\circ.$$

$e_{\text{н. пред}} = 0,25$, при этом пульсация тока i_c , %

$$i_c = \frac{e_{\text{н. пред}} \cdot U_{\text{до}} \cdot 100\%}{L_{\text{ан}} \cdot \omega \cdot \lambda \cdot I_{\text{н}}}, \quad (7.15)$$

$$i_c = \frac{0,25 \cdot 540 \cdot 100\%}{5,88 \cdot 10^{-3} \cdot 1885 \cdot 1,5 \cdot 274} = 3,6\%.$$

Активное сопротивление якорной цепи $R_{\text{ан}}$, Ом

$$R_{\text{ан}} = R_{\text{я}} + 2R_{\text{тр}} + R_{\text{ф}}, \quad (7.16)$$

$$R_{\text{ан}} = 0,072 + 2 \cdot 0,013 + 0,02 = 0,118 \text{ Ом}.$$

Постоянная времени якорной цепи $T_{\text{ан}}$, с

$$T_{\text{ан}} = \frac{L_{\text{ан}}}{R_{\text{ан}}}, \quad (7.17)$$

$$T_{\text{ан}} = \frac{5,8 \cdot 10^{-3}}{0,118} = 0,05 \text{ с}.$$

Электромеханическая постоянная времени $T_{\text{м}}$, с

$$T_{\text{м}} = \frac{GD^2 \cdot R_{\text{ан}}}{375K_e K_M}, \quad (7.18)$$

где K_M – коэффициент, принимается равным 0,8 Нм/А.

$$T_{\text{м}} = \frac{160 \cdot 0,118}{375 \cdot 0,86 \cdot 0,8} = 0,07 \text{ с}.$$

7.3 Выбор базовых величин

Структурная схема системы подчиненного регулирования представлена на рисунке 7.1.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве

Кафедра технологических процессов и оборудования
машиностроительного производства

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

Ведущий инженер технологии И.И. Старостин



ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

С.В. Сергеев С.В. Сергеев
2016 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ САУ СТАНКА ДЛЯ МЕРНОЙ
РАЗРЕЗКИ ПРОКАТА

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ- 220700.2016.110.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности

доцент

В.Г. Некрутов
2016 г.

Руководитель работы

доцент

А.В. Бобылев
2016 г.

Автор работы

студент группы У-КФл-521

И.Е. Чернявский
2016 г.

Нормоконтролер

доцент

Ю.С. Сергеев
2016 г.

Усть-Катав 2016

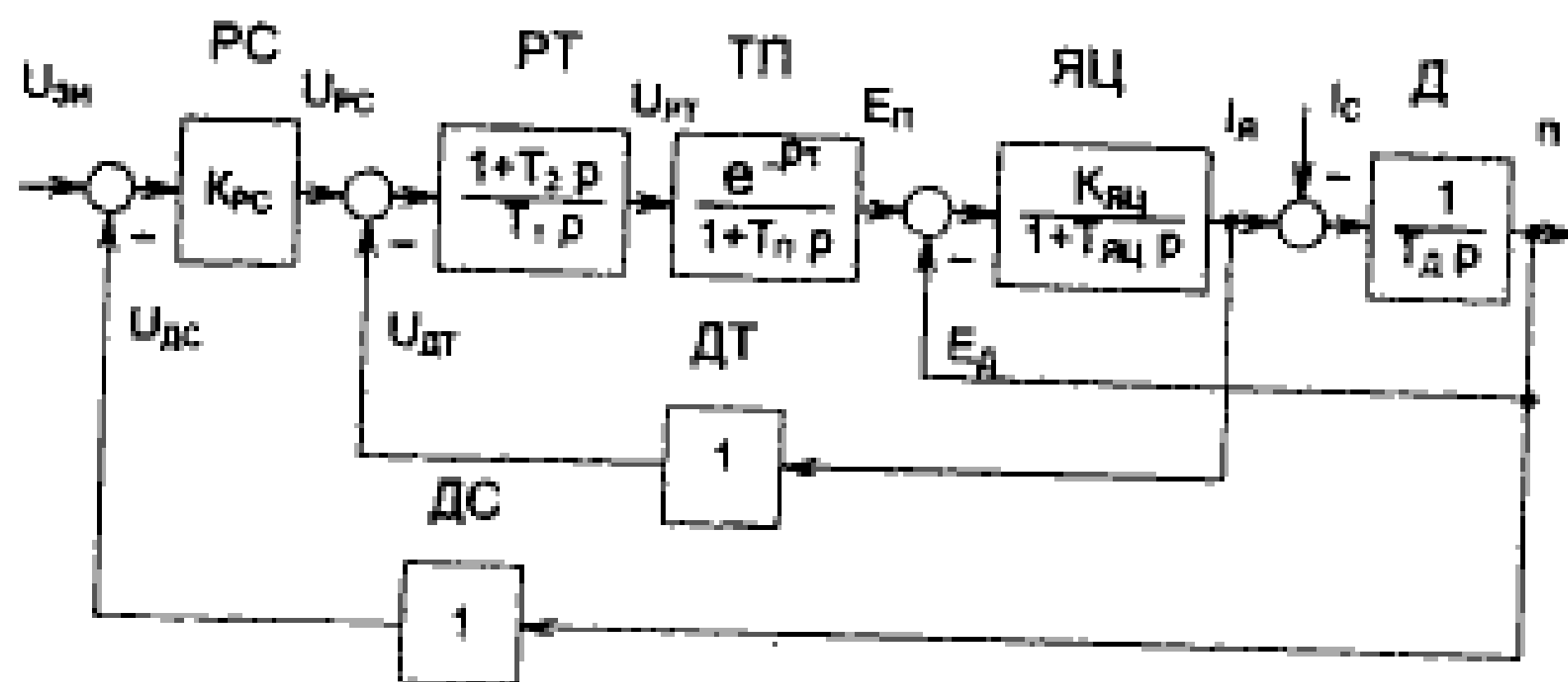


Рисунок 7.1 – Структурная схема подчиненного регулирования

Выбираем базовые величины и сводим их в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Значения базовых величин

Параметр	Базовая величина	Значения базовых величин	Размерность
$E_п, U_дт, E_д$	$U_б = U_{д.ном}$	440	В
$I_я$	$I_б = I_{я.н} = \frac{U_{д.ном}}{R_{я.д}}$	3728,8	А
$U_{рт}$	$U_{рт.б} = \frac{U_{д.ном}}{K_п}$	9,85	В
$\omega_б$	$\omega_б = \frac{U_{д.ном}}{K\Phi_{ном}}$	56,12	рад/с
$U_т, \Delta U_{рс}, U_{дс}$	$U_{б.рс} = \omega_б \cdot K_{рс}$	3,76	В
$U_{рс}, \Delta U_{рт}, U_{дт}$	$U_{б.рт} = I_б \cdot K_{рт}$	111,86	В
$M_д, M_с, M_{дин}$	$M_б = I_б \cdot K\Phi_{ном}$	29233,79	Нм

Базовый ток $I_б, А$

$$I_б = I_{я.н} = \frac{U_{д.ном}}{R_{я.д}}, \quad (7.19)$$

где $U_{д.ном}$ – номинальное напряжение двигателя, В;
 $R_{я.д}$ – сопротивление якорной цепи двигателя, Ом.

$$I_б = \frac{440}{0,118} = 3728,8 А.$$

Напряжение базовое на выходе регулятора тока $U_{б.рт}, В$

$$U_{\text{брт}} = \frac{U_n}{K_n}, \quad (7.20)$$

где U_n – номинальное напряжение двигателя, В;
 K_n – коэффициент усиления преобразователя.
 Коэффициент усиления преобразователя

$$K_n = \frac{K_{\text{сх}} \cdot U_2}{0,8 \cdot U_n^{\text{ср}}}, \quad (7.21)$$

где $K_{\text{сх}}$ – коэффициент схемы двухполупериодного трехфазного выпрямителя, принимается равным 1,34;

U_2 – напряжение вторичной обмотки силового трансформатора, принимается равным 400 В;

U_n – напряжение питания системы управления, принимается равным 15 В.

$$K_n = \frac{1,34 \cdot 400}{0,8 \cdot 15} = 44,67,$$

$$U_{\text{брт}} = \frac{440}{44,67} = 9,85 \text{ В.}$$

Угловая скорость вращения базовая ω_b , рад/с

$$\omega_b = \frac{U_{\text{д ном}}}{K\Phi}, \quad (7.22)$$

где $U_{\text{д ном}}$ – номинальное напряжение двигателя, В;

$K\Phi$ – произведение конструктивного коэффициента двигателя и магнитного потока возбуждения, определяется по формуле (7.23).

$$K\Phi = \frac{M_n}{I_n}, \quad (7.23)$$

где M_n – номинальный момент двигателя, Нм;

I_n – номинальный ток двигателя, А.

$$K\Phi = \frac{2148,39}{274} = 7,84 \text{ Нм / А,}$$

$$\omega_b = \frac{440}{7,84} = 56,12 \text{ рад / с.}$$

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Напряжение базовое датчика скорости $U_{\text{бск}}, \text{В}$

$$U_{\text{бск}} = \omega_{\text{б}} \cdot K_{\text{ск}}, \quad (7.24)$$

где $\omega_{\text{б}}$ – базовая частота вращения, рад/с;

$K_{\text{ск}}$ – коэффициент передачи датчика скорости, В/рад/с.

Коэффициент передачи датчика скорости

$$K_{\text{ск}} = \frac{0,8 \cdot U_{\text{н}}^{\text{ср}}}{\omega_{\text{max}}}, \quad (7.25)$$

где ω_{max} – максимальная частота вращения двигателя, рад/с.

Максимальная скорость вращения двигателя

$$\omega_{\text{max}} = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (7.26)$$

где n – максимальная частота вращения двигателя, об/мин.

$$\omega_{\text{max}} = \frac{3,14 \cdot 1700}{30} = 177,93 \text{ рад / с,}$$

$$K_{\text{ск}} = \frac{0,8 \cdot 15}{177,93} = 0,067 \text{ В / рад / с.}$$

$$U_{\text{бск}} = 56,12 \cdot 0,067 = 3,76 \text{ В.}$$

Напряжение базовое датчика тока $U_{\text{бст}}, \text{В}$

$$U_{\text{бст}} = I_{\text{б}} \cdot K_{\text{ст}}, \quad (7.27)$$

где $I_{\text{б}}$ – базовый ток, А;

$K_{\text{ст}}$ – коэффициент передачи датчика тока, В/А.

Коэффициент передачи датчика тока

$$K_{\text{ст}} = \frac{0,8 \cdot U_{\text{н}}^{\text{ср}}}{I_{\text{max}}}, \quad (7.28)$$

$$K_{\text{ст}} = \frac{0,8 \cdot 15}{1,5 \cdot 274} = 0,03 \text{ В / А.}$$

$$U_{\text{бст}} = 3728,8 \cdot 0,03 = 111,86 \text{ В.}$$

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Базовый момент M_0 , Нм

$$M_0 = I_0 \cdot K\Phi_{ном} \quad (7.29)$$
$$M_0 = 3728,8 \cdot 7,84 = 29233,79 \text{ Нм.}$$

7.3 Расчет регулятора тока

Принимаем значение постоянной времени форсирующего звена ТЗ, равное значению наибольшей постоянной времени в настраиваемом контуре

$$T_3 = T_{max} = T_{эл} = 0,05 \text{ с.} \quad (7.30)$$

Постоянная времени фильтра τ_n , с

$$\tau_n = \frac{1}{m \cdot f}, \quad (7.31)$$

где m – число пульсаций выпрямленного тока за период питающей сети, принимается равным 6;

f – частота питающей сети, Гц.

$$\tau_n = \frac{1}{6 \cdot 50} = 0,003 \text{ с.}$$

Постоянная времени запаздывания преобразователя T_n , с

$$T_n = (2 \dots 4) \tau_n, \quad (7.32)$$

где τ_n – постоянная времени фильтра, с.

$$T_n = (2 \dots 4) \cdot 0,003 = 0,01 \text{ с.}$$

Частота среза контура тока $\omega_{скт}$, рад/с

$$\omega_{скт} = \frac{1}{(2 \dots 4) \cdot \sum T_{\mu}}, \quad (7.33)$$

где $\sum T_{\mu}$ – сумма всех малых постоянных времени в настраиваемом контуре, с.

$$\sum T_{\mu} = T_n + \tau_n, \quad (7.34)$$

$$\omega_{скт} = \frac{1}{2 \cdot (0,01 + 0,003)} = 38,46 \text{ рад/с.}$$

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Постоянная времени интегрального звена T_4 , с

$$T_4 = \frac{1}{\omega_{свт}}, \quad (7.35)$$
$$T_4 = \frac{1}{38,46} = 0,026 \text{ с.}$$

Коэффициент пропорционального усиления $K_{прт}$

$$K_{прт} = \frac{T_d}{T_4}, \quad (7.36)$$
$$K_{прт} = \frac{0,05}{0,026} = 1,92.$$

7.4 Расчет регулятора скорости

Частота среза контура скорости $\omega_{свс}$, рад/с

$$\omega_{свс} = \frac{\omega_{свт}}{(2...4)},$$
$$\omega_{свс} = \frac{38,46}{3} = 12,82 \text{ рад / с.}$$

Коэффициент пропорционального усиления регулятора скорости $K_{прс}$

$$K_{прс} = \omega_{свс} \cdot T_d,$$
$$K_{прс} = 12,82 \cdot 0,05 = 0,64.$$

Выводы по разделу семь: в разделе представлены данные о электрооборудовании. Определены параметры объекта регулирования. Выбраны базовые величины. Произведен расчет регулятора тока и скорости. В программе *VisSim*, составлена математическая модель. В приложение А показаны графики запаса устойчивости по фазе контура регулирования тока (запас устойчивости по фазе составляет 63° , перерегулирование 4,5 %, $t_{оп} = t_{ин} = 0,056$ с), переходный процесс в контуре тока, диаграмма переходных процессов в системе электропривода, диаграмма работы привода в зависимости от положения рабочего органа, диаграмма изменения тока в зависимости от положения рабочего органа.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

8 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ СТАНКА ДЛЯ МЕРНОЙ РАЗРЕЗКИ ПРОКАТА

8.1 Описание технологического процесса реза проката

Система автоматического управления (САУ) станка для мерной резки проката должна обеспечить высокую точность и функциональную надежность мерного реза проката.

Эффективность системы управления достигается за счет применения современных надежных средств автоматизации, выбора оптимальных алгоритмов работы и обработки сигналов.

Задачами САУ являются:

- обеспечение мерного раскроя металла с необходимой точностью реза;
- сокращение времени поиска и устранения неисправностей системы управления агрегатом;
- повышение надежности системы;
- повышение культуры управления производством, условий труда и информированности оперативного и ремонтного персонала.

Станок для мерной резки проката, установленный в линии стана 280, предназначен для порезки раската на заданную длину. Прокат в станок подается из клеток №6 или №7 чистовой линии стана.

Для реза проката на длину холодильника, применен режим запусков ножниц с реверсом при установке в исходное положение.

С седьмой или шестой клетки профиль подается на подводящие ролики станка, там же (напротив ножниц) располагается первый фотодатчик, который фиксирует наличие металла на роликах. Далее профиль проходит через ножи станка для мерной резки проката в холодильник. На расстоянии 10 м от ножниц находится второй фотодатчик, который фиксирует наличие металла и запускает счетчик длины отрезаемого металла, далее происходит рез металла и сброс отрезанного профиля в холодильник. На приводе подающих роликов, для измерения длины проката, установлен импульсный датчик.

Станок для мерной резки проката состоит из рабочей клетки и двигателя, соединенного с рабочей клетью зубчатой муфтой. Рабочая клеть состоит из корпуса и двух вращающихся валов. На концах валов монтируются рычаги с ножами. Ножи имеют калибры, соответствующие профилям разрезаемого металла.

Привод роликов осуществляется через шпиндели и комбинированный с шестеренной клетью редуктор от двигателя постоянного тока. На валу двигателя пристроен тахогенератор, а к валам шестеренной клетки - два датчика импульсов - рабочий и резервный.

Данные технологического процесса приведены в таблице 8.1.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Таблица 8.1 – Данные технологического процесса

Параметр	Значение
– максимальная скорость перемещения проката	4,9 м/с
– максимальный (минимальный) диаметр проката	26 (13) мм
– диапазон отрезаемых длин	13–28 м
– максимальное число резов	3
– температура проката	800 °С
– цена одного задания	0,1 м
– погрешность в определении координаты реза проката не более	± 0,05 м

8.2 Технические решения

8.2.1 Структурная схема САУ

Структурная схема САУ представлена на рисунке 7.1

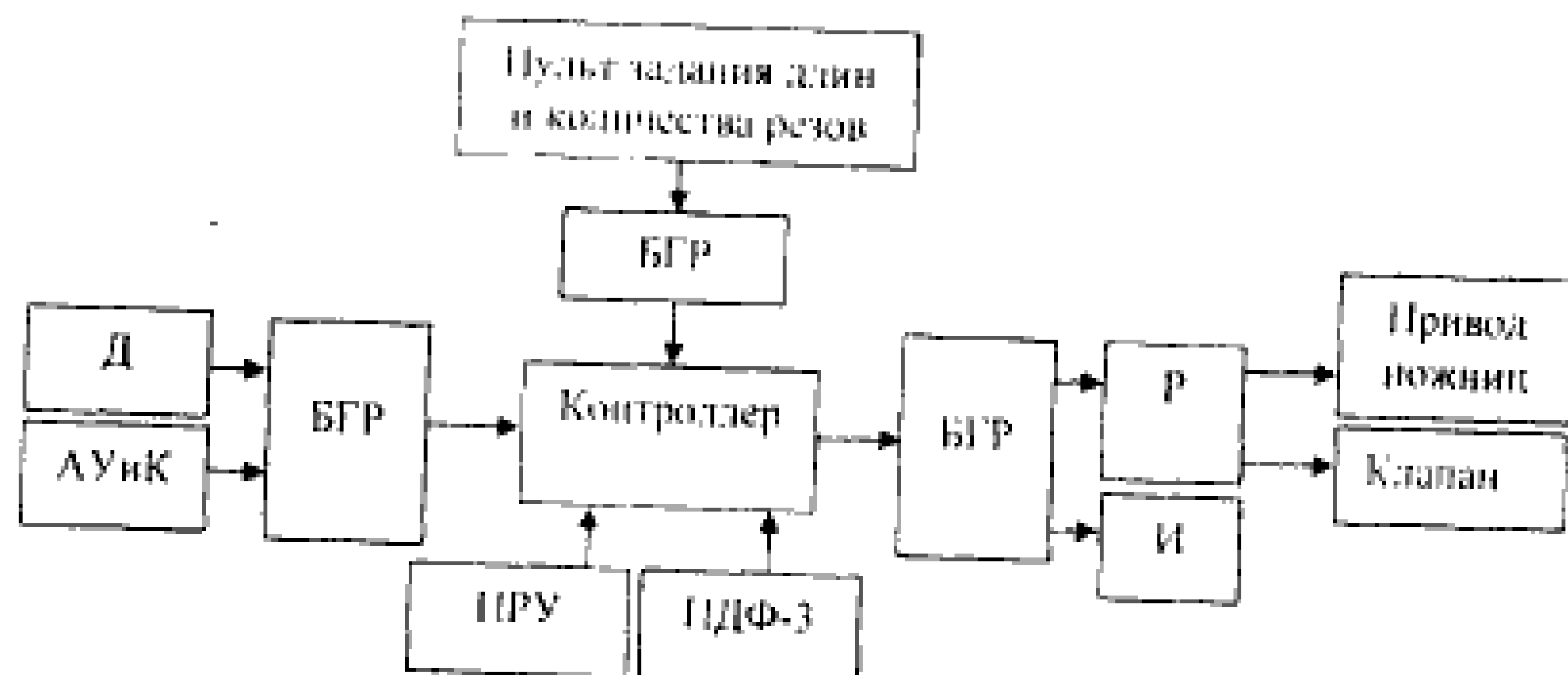


Рисунок 8.1 – Структурная схема САУ: Д – датчики; АУиК – аппараты управления и коммутации; БГР – блок гальванических развязок; Р – реле; И – индикация; ПРУ – программируемое устройство

Управляющим устройством системы автоматического мерного реза является промышленный контроллер. Его задача - производить опрос датчиков, переключателей и т.д., производить вычисления и формировать управляющие сигналы в соответствии с программой.

Для увеличения надежности работы САУ между периферийным оборудованием и контроллером установлены гальванические развязки (ГР). Их задача заключается в защите контроллера от помех, аварий на сигнальных линиях.

Для контроля над ходом технологического процесса на участке станка для мерной разрезки проката установлены датчики:

- напротив подающих роликов установлен фотодатчик 1 (В4), предназначенный для фиксации наличия металла на роликах;
- на расстоянии 10 м от ножниц находится фотодатчик 2 (В3), который фиксирует наличие металла и запускает счетчик длины отрезаемого металла;
- на валу двигателя тянущих роликов установлен импульсный датчик ПДФ-3 (В1), предназначенный для измерения длины отрезаемых заготовок и подсчета количества импульсов для упреждения старта ножниц;
- на валу верхнего барабана ножниц установлен командоаппарат ВПФ-11 (В2), предназначенный для фиксации окончания реза.

Для управления станком установлен пульт оператора, на котором происходит запуск и останов системы, задается количество и длина резов.

Параметры входных и выходных сигналов САУ представлены в таблице 8.2

Таблица 8.2 – Параметры входных и выходных сигналов САУ

Вид сигнала	Направление сигнала	Назначение	Кол-во	Примечание
Дискретный	Входной	Общее управление	8	U = 24 В
Дискретный	Входной	Задание параметров процесса ((длина l0) и кол-во резов(3))	13	U = 24 В
Дискретный импульсный	Входной	Счет импульсов	2 (фаза А и В)	U = 24 В
Дискретный	Выходной	Общее управление	4	f = 5 кГц U = 24 В

В таблице 8.3 даны параметры, задаваемые оператором.

Таблица 8.3 – Данные, задаваемые оператором

Параметр	Ед. изм.	Значения
Длина заготовок	м	13-28
Количество резов	ед.	1-3

8.2.2 Состав САУ

В результате проведения анализа среди производителей средств автоматизации в качестве управляющего устройства был выбран контроллер *DI06* компании *Automation Direct* [12]. Контроллер предусматривает подключение датчиков типа ПДФ-3. Для расширения количества точек ввода дискретных сигналов установлен модуль *DO-16ND3*. Для увеличения надежности работы САУ между периферийным оборудованием и контроллером установлены гальванические развязки. В качестве гальванических развязок используются модули *УСО* фирмы *Grayhill* [13]. В таблице 8.4 представлена спецификация на контроллер и гальванические развязки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
						61

Таблица 8.4 – Спецификация на контроллер

Наименование оборудования	Кол-во
Контроллер DO-06DD2, 20вх(12-24VDC), 16 вых. (12-24VDC, 1А ист.)	1
DO-06LCD LCD-панель 16 символов, 2 строки, 7 клавиш для DL06	1
Модуль ввода дискретных сигналов DO-16ND3, 16вх каналов, 24VDC	1
D2-DSCBL 3,66м кабель программный DL05/105/205/450, D9F-RJ12	1
ZL-CM056 выносная панель для DL05/06 на 16 точек	1
ZL-CBL056 кабель для DL05/06, 16 каналов диск. ввода, 0,5 м	1
D2-BAT-1 Батарейка для DLO6	1
Модули гальванической изоляции входных дискретных сигналов 70G-IDC24	27
Модули гальванической изоляции выходных дискретных сигналов 70G-ODC24, 3,5А	5
Панель для ГР700КСК161	2

8.2.3 Описание аппаратной части системы

Параметры датчиков и командоаппарата представлены в таблице 8.5.

Таблица 8.5 – Параметры датчиков и командоаппарата

Параметр	Значение
Фотодатчики типа ФРСУ-2-Р	
– количество на механизм	2
– напряжение питания	220В
– температура металла, от излучения которого срабатывает датчик	700 °С
– расстояние от фотоголовки до осветителя	1-10 м
– напряжение на нагрузке (220 Ом) «1»	=12В
– напряжение на нагрузке (220 Ом) «0»	<1 В
Датчик импульсов ИДФ-3	
– количество на механизм	1
– напряжение питания	=24 В
– количество выходных сигналов	6
– число импульсов на оборот	600
– напряжение выходных сигналов "0"	0-0,5 В
– напряжение выходных сигналов "1"	1-24В
– минимальное сопротивление нагрузки на канал	1,2 кОм
– потребляемый ток	≤300 мА
– максимальный ток нагрузки	50 мА
Командоаппарат ВПФ 11-01	

– количество на механизм

1

Продолжение таблицы 8.5

Параметр	Значение
– номинальный ток нагрузки	100мА
– напряжение питания	=24 В
– число коммутируемых цепей	6
– приводной элемент	вал с переключающими дисками
– напряжение выходных сигналов «0»	0...+3 В
– напряжение выходных сигналов «1»	24 В

8.2.4 Основные характеристики линейки контроллеров *DirectLogic DL06*

- 8 конфигураций ввода/вывода;
- общий объем памяти – 14,8Кслов;
- 229 команд, в том числе тригонометрические функции;
- контуров ПИД-регулирования с автонастройкой;
- количество точек ввода/вывода до 100;
- два коммуникационных порта, в том числе *RS232/422/485*;
- встроенная поддержка протоколов: *Modbus RTU* ведущий/ведомый, *ASCII* ввод/вывод и *DirectNet* ведущий/ведомый;
- поддержка *DeviceNet* ведомый (дополнительный модуль);
- встроенные часы реального времени и календарь;
- дополнительная *LCD* панель;
- питание ~100-240В и 12-24В;
- арифметика с плавающей точкой.

8.2.5 Основные характеристики *DO-06DD2*

Контроллер, комбинирующий в себе фиксированное количество точек ввода/вывода (20 входных и 16 выходных сигналов), с 4 дополнительными слотами расширения (дискретные, аналоговые, коммуникационный модули).

Первые 4 входа (фиксированные) конфигурируются как один из нескольких вариантов, возможность быстродействующего ввода/вывода, такой как, 7кГц счетчик ввода, импульсный ввод защелки или ввод прерывания (не доступно, когда используется импульсный вывод). 2 выхода конфигурируются как независимые импульсные выходы по часовой стрелке или против часовой стрелки или как импульсные выходы для управления шаговым двигателем до 10 кГц, 0,5А/канал (не доступны, когда используются высокоскоростные входы).

В таблице 8.6 представлены основные характеристики *DO-06DD2*.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220700.2016.110.00 ПЗ					Лист
										63

В таблице 8.7 представлены характеристики входов постоянного тока (фиксированные).

Таблица 8.6 – Характеристики DO-06DD2

Наименование характеристики	Характеристики
Фиксированные входы	20 дискретных входов, 12-24 В, источник/ потребитель, 5 общих цепей (изолированы);
Фиксированные выходы	16 дискретных выходов 12-24В, источник, макс 1 А/канал, 4 общие цепи;
Слоты расширения	4 дополнительные слоты расширения (дискретные, аналоговые, коммуникационные модули)
Порт связи 1 (фиксировано)	1, 9600 бод, 8 бит данных, 1 стоповый бит, проверка на нечетность Протокол – автоматический выбор (<i>auto-select</i>): <i>KSequence (Slave)</i> , <i>DirectNet (Slave)</i> , <i>MODBUS (Slave)</i>
Порт связи 2 (по умолчанию)	1, 9600 бод, 8 бит данных, 1 стоповый бит, проверка на нечетность <i>Auto-select: K-Sequence (Slave)</i> , <i>DirectNet (Master/Slave)</i> , <i>MODBUS (Master/Slave)</i> , <i>Nonsequence /</i> на принтер, <i>ASCII</i> ввод/вывод
Тип программного кабеля	D2-DSCBL
Тип клеммой колодки	Съемный
Сечение провода	Один провод 1,3мм ² или 2 провода 0,78мм ² , мин. 0,2 мм ²
Рабочая температура	от 0 до 55°C
Температура хранения	от -20 до 70°C
Относительная влажность	от 5 до 95% (без конденсации)
Воздушная среда	Без агрессивных газов
Вибрация	MIL STD 810C 514.2
Ударная нагрузка	MIL STD 810C 516.2
Помехоустойчивость	NEMA 1CS3-304
Питание	Потребление электроэнергии: ~100- 240 В, макс. 40ВА Дополнительный источник питания: 0,3 А, 24 В

Таблица 8.7 – Характеристики входов постоянного тока (фиксированные)

Параметр	Быстродействующие входы, X0-X3	Стандартные входы, X4-X23
	1	2
Диапазон напряжения (мин.-макс.)	= 10,8 -26,4 В	= 10,8 -26,4 В
Рабочий диапазон напряжения	= 12 -24 В	= 12 -24 В
Максимальное напряжение	= 30 В (макс. частота – 7 кГц)	= 30 В

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

220700.2016.110.00 ПЗ

Лист

64

Мин. длительность импульса	70 мкс	Нет
----------------------------	--------	-----

Продолжение таблицы 8.7

1	2	3
Напряжение Включения	>10 В постоянного тока	>10 В постоянного тока
Напряжение Выключения	< 2,0 В постоянного тока	< 2,0 В постоянного тока
Макс. потребляемый ток	6 мА при =12 В 13 мА при =24 В	4 мА при =12 В 8,5 мА при =24 В
Входное сопротивление	1,8 кОм при=12-24 В	2,8 кОм при =12-24 В
Мин. ток Включения	> 5 мА	> 4 мА
Макс. ток Выключения	<0,5 мА	< 0,5 мА
Время срабатывания (off-on)	<70 мкс	2 - 8 мс, обычно 4 мс
Время срабатывания (off-on)	<70 мкс	2 - 8 мс, обычно 4 мс
Срабатывание индикаторов	От логических цепей	От логических цепей
Общие	На 4 канала 1 общий, 5 групп (изолированы)	

В таблице 8.8 представлены характеристики выходов постоянного тока

Таблица 8.8 – Характеристики выходов постоянного тока

Параметр	Параметр импульсные выходы, Y0 – Y1	Стандартные выходы Y2-Y17
Диапазон выходного напряжения (мин.- макс.)	= 10,8-26,4В	= 10,8 -26,4В
Рабочее напряжение	= 12-24В	= 12-24В
Максимальное напряжение	< 50В постоянного тока (макс. частота-10кГц)	<50 В
Падение напряжения во вкл. состоянии	= 0,5В при 1 А	= 1,2В при 1А
Максимальный ток (резистивная)	0,5 А/канал, 1 А / канал, как стандартный выход	1А / канал
Максимальный ток утечки	15мкА при =30В	15 мкА при =30 В
Максимальный пусковой ток	2А за 100мс	2А за 100мс
Требуется внешний источник питания постоянного тока	Нет	Нет
Время срабатывания ВЫКЛ-ВКЛ	<10мкс	< 10мкс
Время срабатывания ВКЛ-ВЫКЛ	<20мкс	<0,5мкс
Срабатывание индикаторов состояния	От логических цепей	От логических цепей
Общие	На 4 канала 1 общий, 4 группы (неизолированные)	
Предохранители	Нет (рекомендуются внешние)	

В таблице 8.9 представлены характеристики модуля *DO-16ND3*.

Таблица 8.9 – Характеристики модуля *DO-16ND3*

Параметр	Характеристики
Число входов в модуле	16 (потребитель/источник)
Диапазон напряжения	= 20-28В
Рабочий диапазон напряжения	= 24В
Максимальное напряжение	= 30В
Входной ток	Типично: 4 мА при 24В
Макс. Потребляемый ток	6мА при 28В
Входное сопротивление	4,7кОм при = 24В
Параметр	Характеристики
Напряжение Включения	> 19В постоянного тока
Напряжение Выключения	< 7В постоянного тока
Параметр	Характеристики
Мин. ток Включения	3,5мА
Мин. ток Выключения	1,5мА
Время срабатывания ВЫКЛ-ВКЛ	2-8мс, типично 4мс
Время срабатывания ВКЛ-ВЫКЛ	2-8мс, типично 4мс
Срабатывание индикаторов	Модуль в работе: один зеленый LED
Общие	4, неизолированные
Предохранители	Нет
Требуется внешний источник питания постоянного тока	макс. =20-28 В, 200 мА (все каналы включены)
Потребляемый от каркаса ток	Типично 35 мА (все каналы включены)

8.2.6 Жидкокристаллическая панель

Жидкокристаллическая панель DL06 имеет дисплей на два ряда по 16 символов, и размещается непосредственно на лицевой панели микроконтроллера DL06. Жидкокристаллический экран с задней подсветкой легко читается практически при любом освещении. Имеется несколько способов взаимодействия с LCD-панелью:

- встроенная клавиатура;
- команды релейной логики для управления LCD-панелью;
- использование команд релейной логики для записи изменения бита состояния в указанной ячейке памяти.

Семь функциональных клавиш на передней стороне LCD-панели дают пользователю доступ к установке часов и календаря, значению данных ячеек V-памяти и состоянию ввода/вывода и др. Индивидуальная авторизация по паролю позволяет:

- изменение настроек часов/календаря или формата отображения;
- просмотр и изменение значений V-памяти (включая и значения из двойного слова);
- форсирование отдельных бит в состояние вкл. /выкл. (до 16 бит на экран);
- просмотр истории кодов ошибок;
- установка или изменение пароля;
- включение/выключение задней подсветки или зуммера.

Специалист может изменять значения для введения данных настроек или выбора времени работы механизма для производства различных изделий. Обслуживающий персонал может использовать интерфейс в шкафу управления, чтобы идентифицировать ошибки в работе механизма. Сообщения на LCD-панели могут быть запрограммированы для различных аварий или событий. LCD-панель может удовлетворять и многие другие потребности интерфейса специалиста.

8.2.7 Гальванические развязки

Гальванические развязки установлены для повышения надежности работы САУ.

8.3 Перечень переменных процесса

В системе задействовано два скоростных дискретных ввода (для ПДФ), 8 дискретных входов для общего управления, 10 дискретных входов для задания длины, 3 дискретных входов для задания количества резов. Итого: 2+21 – дискретные входы используется, 13 дискретных входов в резерве.

Дискретные выходные: задействовано 4, в резерве 12.

20 входных и 16 выходных дискретных сигналов располагаются на процессорном модуле, оставшиеся 16 входных дискретных сигналов располагаются на дополнительном модуле входных дискретных сигналов.

В таблице 8.10 представлен перечень входных дискретных сигналов.

Таблица 8.10 – Перечень переменных процесса

Обозначение переменных	Переменная процесса	Комментарии	Примечание
1	2	3	4
На контроллере			
X000	V1	Длина проката (Фаза А)	Высокоскоростной вход
X001	V1	Длина проката (Фаза В)	Датчик ПДФ-3, 600 имп./оборот, F = 5 кГц, =24 В
X002			Не используется
X003			Не используется
X004	KV9	Единичный рез	= 24 В

X005	B2	Окончание реза	Командоаппарат ВПФ11-01, = 24 В
------	----	----------------	------------------------------------

Окончание таблицы 8.10

1	2	3	4
X006	KV10 или B3	Фотодатчик холодильника	KV10 или сигнал от ФРСУ-2-р (B3), =24 В
X007	KV8	Сброс автоматики	= 24 В
X010	KV15	Сброс заготовки	= 24 В
X011	SB3	Рез	Кнопка на ПУ, = 24 В
X012	B4	Фотодатчик конца заготов- ки	Реле (сигнал от ФРСУ-2- р) =24 В
X013	SA2	Изменение константы тай- мера сброса	Переключатель на ПУ, =24 В
X014		Резерв	
X015		Резерв	
X016		Резерв	
X017		Резерв	
X020		Резерв	
X021		Резерв	
X022		Резерв	
X023		Резерв	
На модуле			
X100	Шифратор	Задание длины 0,1 м	Переключатель на ПУ, SA10 → шифратор, = 24 В
X101		Задание длины 0,2 м	
X102		Задание длины 0,4 м	
X103		Задание длины 0,8 м	
X104		Задание длины 1 м	Переключатель на ПУ, SA3 → шифратор, = 24 В
X105		Задание длины 2 м	
X106		Задание длины 4 м	
X107		Задание длины 8 м	Переключатель на ПУ, SA12 → шифратор, = 24 В
X110		Задание длины 10 м	
X111		Задание длины 20 м	
X112			Резерв
X113		Резерв	
X114	SA1	Задание количества резов 1	Переключатель на ПУ=24В
X115		Задание количества резов 2	
X116		Задание количества резов 3	
X117		Резерв	

В таблице 8.11 представлен перечень выходных дискретных сигналов

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Таблица 8.11 – Перечень выходных дискретных сигналов

Обозначение переменных	Переменная процесса	Комментарии	Примечание
Y000			
Y001			
Y002	K2	Разгон ножниц	РПУ2, Uк = 24 В, I = 60 мА
Y003	K3	Торможение ножниц	РПУ2, Uк = 24 В, I = 60 мА
Y004	K4	Сброс заготовки	РПУ2, Uк = 24 В, I = 60 мА
Y005	K1	Готовность контроллера	РПУ2, Uк = 24 В, I = 60 мА
Y006		Резерв	
Y007		Резерв	
Y010		Резерв	
Y011		Резерв	
Y012		Резерв	
Y013		Резерв	
Y014		Резерв	
Y015		Резерв	
Y016		Резерв	
Y017		Резерв	

8.4 Описание работы

8.4.1 Расчет данных

Число импульсов на оборот: $N = 600$ имп. /оборот.

Максимальная частота вращения: $W = 1000$ об/мин.

Передаточное число редуктора: $i = 2,6$.

Диаметр ролика: $D = 273$ мм.

Расчет некоторых параметров:

Максимальная частота следования импульсов F , Гц

$$F = \frac{W}{i \cdot 60} \cdot N, \quad (8.1)$$

$$F = \frac{1000}{2,6 \cdot 60} \cdot 600 = 3847 \text{ Гц.}$$

Цена одного импульса C , мм

$$C = \frac{\pi \cdot D}{N}, \quad (8.2)$$

$$C = \frac{3,14 \cdot 273}{600} = 1,43 \text{ мм.}$$

Реверсивный счетчик имеет диапазон от $S = -8388608$ до 8388607 .
 Предельная длина, подсчитываемая данным счетчиком, $L_{\text{п}}$, м

$$L_{\text{п}} = S \cdot C, \quad (8.3)$$

$$L_{\text{п}} = 8388607 \cdot 1,43 \cdot 10^3 = 11995,7 \text{ м.}$$

Разрядность слова данных счетчика: $2^{24} = 1677216$.
 Текущая длина $L_{\text{г}}$

$$L_{\text{г}} = \frac{N_{\text{г}}}{N} \cdot \pi \cdot D. \quad (8.4)$$

Заданная длина в импульсах $N_{\text{г}}$

$$N_{\text{г}} = \frac{L_{\text{г}} \cdot N}{\pi \cdot D}. \quad (8.5)$$

Таким образом, контроллер осуществляет следующие операции:

- считывает заданную длину, преобразует ее в десятичный формат в мм;
- переводит заданную длину в мм-ах в соответствующее количество импульсов по вышестоящей формуле;
- вводит коррекцию;
- при автоматическом резе, контроллер сравнивает количество импульсов, пришедших от ПДФ с заданным (с учетом коррекции), и при их равенстве дает команду на рез.

8.4.2 Высокоскоростной счетчик

Модели серии DL06 с входами и выходами постоянного тока снабжены специальной схемой высокоскоростных входов/выходов. Конфигурацию цепи можно программировать, обработка отдельных точек входа/выхода идет независимо от сканирования ЦПУ. Цепь высокоскоростного ввода/вывода может работать в шести режимах. Высокоскоростной ввод возможен с контактов Х0 – Х3.

Функциями высокоскоростного ввода являются:

- высокоскоростной счетчик (максимум 7 кГц) с 24 заданными параметрами и встроенной подпрограммой прерывания, со счетом в одном направлении и сбросом;

- входы квадратурного кодировщика угла поворота (энкодера) для отсчета в направлениях по часовой стрелке или против часовой стрелки (до 7кГц), со счетом в прямом/обратном направлениях и сбросом;

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

- высокоскоростной вход прерывания для немедленной реакции в критич-ных по времени задачах;
- функция защелки (фиксации) импульсов при отслеживании одной вход-ной точки с длительностью импульса до 100мкс (0,1мс);
- программируемая дискретная фильтрация (с задержкой по времени как на включение, так и на выключение сигнала до 99мс), обеспечивающая целостность сигнала (этот режим установлен по умолчанию для входов Х0-Х3).

Счетчик может работать в нескольких режимах. В данной работе использу-ется режим работы 20 (как резервный вариант режим 10).

В таблице 8.6 и 8.7 описаны режимы 10 и 20.

Режим 10: Высокоскоростной счетчик:

Схема высокоскоростного ввода/вывода предусматривает два высокоско-ростных счетчика 7 кГц с 24 заданными параметрами, со счетом в одном направ-лении, со сбросом и прерыванием по заданному значению. Одна последователь-ность импульсов от внешнего источника (ХО) включает в работу счетчик по каж-дому переднему фронту импульсов сигнала. Счетчик производит отсчет только в прямом направлении, от 0 до 99999999. Счетчик сравнивает текущее значение с 24 установленными значениями (*Preset Value*), которые Вы определяете. Предва-рительно установленные значения предназначены для немедленного выполнения определенных действий, когда текущее значение счетчика становится равным од-ному из этих значений. Это – идеальная возможность для таких приложений, как например, резка на равные части. Для заданных значений используются в процес-соре регистры счетчика СТ174 и СТ177.

Режим 20: Реверсивный счетчик:

В схеме высокоскоростного ввода/вывода счетчик может считать реверсив-ные сигналы (реверсивный счетчик 7 кГц с 24 заданными параметрами, со сбро-сом и прерыванием по заданному значению) с двух отдельных источников (т.е. с двух отдельных каналов энкодеров) или два квадратурных импульсных сигнала. Квадратурные сигналы (квадратурный вход 7 кГц по каналу А и каналу В, со сче-том в прямом и обратном направлениях) обычно вырабатываются инкременталь-ными энкодерами, которые могут быть вращательными или линейными. Ревер-сивный счетчик имеет диапазон от -8388608 до 8388607. Используя СТ174 и СТ175, квадратурный счетчик может считать со скоростью до 7 кГц.

В таблице 8.12 представлено назначение скоростных входов.

Таблица 8.12 – Назначение скоростных входов

Использование физических входов				
Наименование режима	Х0	Х1	Х2	Х3
1	2	3	4	5

10	Высоко скоростной счетчик	Счетчик #1	Счетчик #2. прерывание, импульсный вход или фильтрованный вход	Сброс #1. прерывание, импульсный вход или фильтрованный вход	Сброс #2. прерывание, импульсный вход или фильтрованный вход
----	---------------------------	------------	--	--	--

Окончание таблицы 8.12

	1	2	3	4	5
20	Реверсивный счетчик (стандартное вычисление)	Вычисление в прямом направлении	Вычисление в обратном направлении	Сброс, импульсный вход или фильтрованный вход	Импульсный вход или фильтрованный вход
	Реверсивный счетчик (квадратурное вычисление)	Вход фазы А	Вход фазы В		

Квадратурные сигналы энкодера содержат информацию о положении и направлении, в то время как их частота представляет скорость движения. Квадратурные сигналы энкодера содержат информацию о положении и направлении, в то время как их частота представляет скорость движения. Сигналы фазы А и В сдвинуты на 90 градусов, поэтому и появилось наименование "квадратурный". Когда фронт импульса фазы А предшествует фронту импульса фазы В (условно указывает движение по часовой стрелке), то счетчик высокоскоростного ввода/вывода ведет счет в прямом направлении. Если фронт импульса фазы В предшествует фронту импульса фазы А (условно указывает движение против часовой стрелки), то счетчик ведет счет в обратном направлении.

8.4.3 Задание отрезаемых длин, количества резов, времени сброса

Задание отрезаемых длин осуществляется с пульта оператора, с помощью декадных переключателей. После переключателей (дециметров и метров) установлен шифратор – для преобразования десятичного кода в двоичный код (для уменьшения точек ввода).

Задание десятков осуществляется с помощью SA12: 1 или 2 (поступают сразу на вход контроллера через шифратор без преобразования).

Задание единиц осуществляется с помощью SA2: 1–9 (поступают на вход контроллера через шифратор).

Задание десятых осуществляется с помощью SA10: 1–9 (поступают на вход контроллера через шифратор).

Количество резов задается с пульта оператора, с помощью переключателя SA1.

Время сброса конца заготовки задается с пульта оператора, с помощью переключателя SA1.

Для уменьшения количества используемых дискретных входов на сигналы единиц и десятков установлен шифратор, преобразующий десятичный формат в BCD). В контроллере происходит обратное преобразование форматов.

8.4.4 Работа процессора

1) работа операционной системы: при включении питания процессор инициализирует внутренние аппаратные средства. Инициализация памяти начинается с проверки установок сохраняемой памяти. В общем случае, содержимое сохраняемой памяти поддерживается, а не сохраняемая память очищается (если не определено иное). После однократного просмотра задач при включении питания процессор начинает циклические операции сканирования. «Время сканирования» определяется как среднее время обхода всех задач. Следует отметить, что процессор всегда считывает входы, даже в программном режиме. Это позволяет программным средствам отслеживать состояние входов в любой момент времени. Выходы обновляются только в рабочем режиме. В программном режиме они отключены. В рабочем режиме процессор выполняет пользовательскую программу релейной логики. Затем процессор записывает результаты этой задачи в соответствующие выходные регистры. Обнаруженные ошибки имеют два уровня.

По исправимым ошибкам формируется сообщение, а процессор остается в текущем режиме. Если обнаруживаются неисправимые ошибки, то процессор переводится в программный режим, а выходы сбрасываются;

2) работа в программном режиме: в программном режиме процессор не выполняет прикладные программы и не обновляет выходные модули. Основным назначением программного режима является ввод или изменение прикладных программ. Программный режим может использоваться для установки параметров процессора, таких как стековой адрес, сохраняемые области памяти и др. Для выбора работы процессора DL06 в программном режиме может использоваться переключатель режимов (положение TERM);

3) работа в рабочем режиме: в рабочем режиме процессор выполняет прикладную программу и обновляет входы/выходы системы. В рабочем режиме могут выполняться операции:

- контроль и изменение состояния точек;
- обновление параметров настройки таймеров/счетчиков;
- обновление ячеек памяти с переменными.

Работу в рабочем режиме можно разделить на несколько ключевых процессов. Важно понять, как эти зоны влияют на результаты решений прикладной программы. Для конкретного приложения важными могут быть разные процессы, например, обновление входов/выходов и форсирование переменных. Может использоваться переключатель режимов для выбора работы в рабочем режиме. Или при переключателе, установленном в положении TERM, может использоваться

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

устройство для программирования для перевода процессора в рабочий режим. В рабочем режиме можно также редактировать программы. Редакционные изменения в рабочем режиме не являются «безударными». Пока принимается информация по новой программе, процессор поддерживает последнее состояние выходных сигналов. Но если в новой программе обнаружена ошибка, то процессор отключает все выходы и переходит в программный режим;

4) чтение входов: процессор считывает состояние всех входов и записывает их в регистры отображения. Ячейки регистра отображения входов обозначаются X и далее следует номер ячейки памяти. Данные регистра отображения используются процессором при решении прикладной программы. Конечно, вход может измениться после того, как процессор считает входы. В общем случае время сканирования процессора измеряется миллисекундами.

Если приложение не может ждать следующего обновления входов/выходов, то можно использовать команды немедленного действия. Эти команды при решении прикладной программы не пользуются состоянием регистра входных данных. Команды немедленного действия считывают состояние входов прямо с модулей ввода/вывода. Однако применение команд немедленного действия удлиняет время сканирования, поскольку процессор должен повторно считывать состояние точек ввода/вывода;

5) Выполнение прикладных программ: в данном сегменте цикла сканирования процессор проводит вычисления по каждой команде прикладной программы. Команды определяют отношение между состояниями входов и выходами системы. Процессор начинает с первой цепочки программы релейной логики, выполняет вычисления слева направо и сверху вниз, пока не встретится команда END. Затем формируется новое отображение выходных данных.

Процессор использует регистры отображения выходов обозначаемые, как Y для хранения желаемых воздействий на физические выходы. Обновление состояния физических выходов происходит каждый скан. Кроме того, есть команды немедленного вывода, которые позволяют обновлять выходы, не дожидаясь соответствующего сегмента цикла. Внутренние управляющие реле (C), стадии (S) и память переменных (V) также обновляются в данном сегменте. Следует отметить, что процессор может получать и хранить информацию о форсировании при обслуживании периферийных устройств. Если на какие-то точки ввода/вывода или на данные памяти было оказано принудительное воздействие, регистр отображения выходов будет содержать эту информацию;

6) Запись выходных данных: после того, как прикладная программа выполнила логическую схему команд и сформировала регистр отображения выходных данных, процессор записывает содержание регистра отображения выходных данных в соответствующие выходы.

Следует отметить, что процессор также обеспечивает операции принудительного воздействия, изменения по которым хранятся в регистре отображения выходных данных, точки с принудительным воздействием обновляются в соответствии с состоянием, определенным выше.

											220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата								74

8.5 Электропитание системы

Питание САУ ножниц осуществляется от сети -220 В, 50 Гц.

В системе используется три блока питания:

– БП контроллера ($U = \pm 5$ В, $I_{\max. \text{нагр}} = 2$ А). Предназначен для питания внутренних цепей контроллера - модулей, ЖК панели;

– БП PS24-050D внутренних цепей САУ ($U_{\max} = \pm 24$ В, $I_{\max. \text{нагр}} = 2$ А). Предназначен для питания внутренних цепей САУ - внешних цепей модулей, гальванических развязок;

– БП датчиков ($U_{\max} = \pm 24$ В). Предназначен для питания датчиков.

В таблице 8.13 представлены характеристики электроприемников.

Таблица 8.13 – Характеристики электроприемников

Электроприемник	Параметры	Кол-во
Контроллер <i>DO-06DD2</i>	$U_{\text{пит}} = 220$ В, 40ВА, $U_{\text{периф.}} = 5$ В, $I_{\max. \text{периф.}} < 2000$ мА $U_x = 24$ В, $I_x = 400$ мА	1
Модуль дискретного ввода <i>DO-16ND3</i>	$U_{\text{пит}} = 5$ В $I_{\text{пит}} = 35$ мА, $U_{\text{внеш}} = 24$ В, $I_{\text{внеш}} = 200$ мА	1
ЖК панель <i>DO-06LCD</i>	$U_{\text{пит}} = 5$ В, $I_{\text{пит}} = 50$ мА	1
Реле	$U = 24$ В	3
Пульт управления	$U = 24$ В	1
Датчик ФРСУ	$U_{\text{пит}} = 220$ В, 300мА	2
Датчик ВПФ11-01	$U_{\text{пит}} = 24$ В, 300мА	1
Датчик ПДФ-3 (5)	$U_{\text{пит}} = 24$ В, 300 мА	1
Блок питания <i>PS24-050D</i>	$U_{\text{вх}} = \sim 220$ В, $I_{\text{вх}} = 0,7$ А, $U_{\text{вых}} = 24$ В, $I_{\text{вых}} = 2$ А	1

Проверка мощности блока питания контроллера представлена в таблице 8.14.

Питание контроллера осуществляется через фильтр APF230L05.

Таблица 8.14 – Проверка мощности блока питания контроллера

Источник питания	5 В, <2000 мА	
Требуемый ток:	<i>DO-06DD2</i>	600 мА
	<i>DO-16ND3</i>	35 мА
	ЖК панель <i>DO-06LCD</i>	50 мА
Используется	685 мА	
Резерв	2000-685 = 1315мА	

APF (Automation Powerline Filter) – подавитель бросков напряжения питания с LC-фильтром для защиты оборудования автоматики от бросков напряжения, импульсных помех и шумов.

8.6 Программное обеспечение

Прикладная программа написана на языке РКС (релейно-контакторных схем) в среде программирования *DirectSoft32*.

Алгоритм работы

Структурно программа разбита на сегменты:

1 сегмент: Настройка контроллера. Данный сегмент выполняется только в первом цикле, $SP0=1$ (кроме сброса слов).

В начале программы происходит настройка контроллера под задачу:

1 Разрешение прерывания от счетчика длины проката;

2 Настройка счетчика. Настройка счетчика заключается в записи определенных кодов в соответствующие ячейки:

2.1 Выбор режима работы счетчика (запись числа 20 в ячейку V7633);

2.2 Настройка входа Х0, как входной канал фазы А (запись 2 в ячейку V7634);

2.3 Настройка входа Х1, как входной канал фазы В (запись 0 в ячейку V7635);

2.4 Настройка входа Х2, как входной фильтрованный канал (запись числа 1006 в ячейку V7636);

2.5 Настройка входа Х3, как входной фильтрованный канал (запись числа 1006 в ячейку V7637).

3 Запись в память контроллера параметров системы измерения:

3.1 Число $\pi = 3,14$;

3.2 Диаметр ролика $D_r = 273$ мм;

3.3 Число импульсов датчика ПДФ-3 на 1 оборот $N = 600$.

4 Вычисление коэффициента пересчета длины, заданной в мм, в длину в импульсах. Формула пересчета представлена в п. 4.

5 Обнуление слов. По первому циклу и сбросу автомата в данном блоке происходит обнуление следующих ячеек памяти, указанных в таблице 8.15.

Таблица 8.15 – Ячейки памяти

Адрес	Обозначение	Назначение
V400	$N_{рез}$	Число резов
V401		Число резов
V402	L_{zmm}	Заданная длина в мм
V403		Заданная длина в мм
V404	L_{zi}	Заданная длина в имп
V405		Заданная длина в ими
V412	N_k	Число импульсов упреждения старта
V413		Число импульсов упреждения старта
V414	L_{zik}	Заданная длина в импульсах с учетом упреждения
V415		Заданная длина в импульсах с учетом упреждения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

V1174	СТА 174	Значение счетчика длины проката (сл. 1)
V1175	СТА 175	Значение счетчика длины проката (сл. 2)
V3630		Предустановленное значение счетчика (сл.1)
V3631		Предустановленное значение счетчика (сл. 2)

2 сегмент: Считывание задания.

Сегмент выполняется при условии, что ключ стоит в автомате ($x7=0$), и не начался цикл автоматического реза ($C12 = 0$). В данном сегменте осуществляются следующие операции:

1. Считывание задание длины и ее пересчет длины из мм в количество импульсов. В данном блоке происходит считывание задания длины с шифратора, преобразование из BCD в десятичный формат и перевод задания из мм в количество импульсов. Из заданной длины вычитается 9500 мм т.к. счет длины начинается от фотодатчика холодильника, расположенного на расстоянии

10000 мм от зоны реза: 500 мм отняли для учета инертности ножниц.

2. Считывание задание количества резов; в зависимости от сигналов $x114$, $x115$, $x116$ (задается на ПУ с помощью SA1) выставляется 1, 2 или 3 реза соответственно:

3. Выбор задержки времени на сброс конца заготовки: при освобождении фотодатчика тянущих роликов программа, в зависимости от положения переключателя SA2 ($x13$), происходит сброс хвоста заготовки с различной задержкой: при наличии этой команды осуществляется фиксация выходной команды клапана сброса после выдержки времени 0,5 с, при отсутствии этой команды выдержка времени составляет 0,2 с.

3 сегмент: Работа ножниц. При включении контроллера фиксируется команда на торможение и расфиксируется команда на разгон ножниц, т.е. они устанавливаются в исходное положение.

Ножницы работают в трех режимах: ручном, установка упреждения старта, автоматическом. Ручной режим активен в любом режиме, но, если есть сигналы от обоих фотодатчиков $x6=1$ и $x12=1$. Установка упреждения старта предназначена для учета длины проката, пройденного за время от старта ножниц до конца реза. Данный режим запускается если есть автоматический режим ($x7=0$), нет металла на обоих фотодатчиках ($x6=0$, $x12=0$) и была нажата кнопка «Единичный рез» ($x4=1$). При этом устанавливается признак $C4=1$. Сбрасывается режим по выставлению $C5$ – сброс нормирующего хода или по появлению металла на каком-нибудь из фотодатчиков или появлению сигнала $x7$ (сброс автоматики). Автоматический раскрой проката на мерные длины запускается если $x7=0$, появился металл на обоих фотодатчиках ($x6=1$, $x12=1$). При этом выставляется $C12$. Сбрасывается данный режим по сходу металла с датчика конца заготовки или выставился флаг $C6$ – количество резов отработано или сбросу автоматики ($x7= 1$).

1. Ручной режим. В данном блоке осуществляется запуск и останов ножниц от кнопки SB3, расположенной на ПУ.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

2. Установка упреждения старта. При установленной скорости прокатки нажатием кнопки на ПУ дается команда "Единичный рез", по которой производится запуск счета, фиксируется команда разгона и расфиксируется команда торможения ножниц. Останов счета происходит по команде окончания реза от ВПФ, фиксируется команда на торможение, расфиксируется команда на разгон ножниц, т.е. они устанавливаются в исходное положение, полученное значение импульсов записывается в слово упреждения данных, производится сброс счета. Подсчитанное значение представляет собой путь, проходимый металлом за время движения ножниц от исходного положения до окончания реза при данной скорости прокатки. При каждом изменении скорости прокатки для сохранения точности реза необходимо произвести "сброс автоматики" с возвратом ключа управления в положение "автоматика" и повторение "единичного реза". Далее начинается циклически повторяющаяся с каждым раскатом часть программы.

3. Автоматическая работа ножниц. В блоке происходит вызов подпрограммы задания длины отрезаемых заготовок, полностью вычисляется требуемое число импульсов счета для старта ножниц с учетом упреждения. Обращение к подпрограмме задания длины отрезаемых заготовок и полный цикл арифметических вычислений позволяют в ходе циклической работы программы изменить задание длины отрезаемых заготовок с обработкой нового задания длины в следующем скане прохождения программы. Цикл мерного отреза начинается при появлении металла на обоих датчиках и заканчивается при обработке заданного количества резов или при отсутствии металла у фотодатчика тянущих роликов. Счетчик длины запускается по фотодатчику холодильника. При выполнении условия, когда текущее значение числа импульсов регистра состояния равно или больше, чем требуемое вычисленное в блоке задания, или же произошло ручное вмешательство оператора (нажатие кнопки "Рез" на ПУ) – фиксируется команда разгона и расфиксируется команда торможения ножниц. По команде от ВПФ фиксируется торможение, расфиксируется разгон ножниц, фиксируется команда клапана сброса отрезанной заготовки на холодильник. Далее контролируется процесс сброса отрезанной заготовки на холодильник, начавшийся в предыдущем блоке, с помощью команды "Сброс заготовки", расфиксирующей выходную команду клапана сброса отрезанной заготовки. В блоке использован счетчик числа резов, по состоянию которого программа может идти двумя путями: заданное число резов раската не отработано. Тогда с выдержкой времени после расфиксации команды клапана сброса отрезанной заготовки исполнение программы вновь переходит на блок мерного реза; заданное число резов раската отработано. Тогда исполнение программы выходит из данного блока. Если фотодатчик тянущих роликов фиксирует исчезновение металла, то происходит условный переход в блок сброса конца заготовки.

Выводы по разделу восемь: в данном разделе выбран контроллер *DL06* компании *Automation Direct*. Описаны основные характеристики данного контроллера. Прикладная программа написана на языке РКС (релейно-контакторных схем) в среде программирования *DirectSoft32*.

220700.2016.110.00 ПЗ

Лист

79

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
					220700.2016.110.00 ПЗ	79

9 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Для удержания своих позиций на рынке предприятию необходимо внедрять в производство технические инновации, направленные на повышение организационно-технического уровня операционного процесса путем улучшения применяемой и использования новой, более прогрессивной техники и технологии производства.

На предприятии ООО УЗМК «Стальмонтаж» предлагается к внедрению модернизация электропривода станка для мерной резки проката ТЭСУ, заключающейся в замене устаревшего тиристорного преобразователя и контроллера. Системы регулирования и управления станком устарела как морально, так и физически и не позволяет резать мерную длину проката, что приводит к большим объемам бракованной продукции, увеличение отходов и увеличение себестоимости конечного продукта. Целью внедрения модернизации является обеспечение точности мерного реза проката.

Модернизация электрооборудования станка для мерной резки проката ТЭСУ заключается в установлении нового оборудования.

Цены приобретения оборудования приведены в таблице 9.1.

9.1 Расчет общей суммы затрат

Расчет общей суммы единовременных затрат на модернизацию оборудования производится $Z_{\text{с.}}$, руб.

$$Z_{\text{с.}} = C_{\text{об}} + C_{\text{м}} + C_{\text{нап}} \quad (9.1)$$

где $C_{\text{об}}$ – стоимость устанавливаемого оборудования, руб;

$C_{\text{м}}$ – стоимость монтажа и установки оборудования, руб;

$C_{\text{нап}}$ – стоимость пусконаладочных работ, руб;

Для начала необходимо подсчитать стоимость выбранного оборудования. Цены на оборудование для модернизации ножниц сведены в таблицу 9.1.

Таблица 9.1 – Потребность в оборудовании для модернизации ножниц

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
Микроконтроллер DL06	1	21000	21000
Тиристорный преобразователь серии <i>Simoreg DC-Master</i> с комплектующими	1	650000	650000
Итого			671000

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220700.2016.110.00 ПЗ					Лист
										80

Расчет стоимости устанавливаемого оборудования $C_{об}$, руб.

$$C_{об} = C_1 + C_2, \quad (9.2)$$

где C_1 – стоимость оборудования, руб.;

C_2 – стоимость неучтенного оборудования, руб.

В соответствии с [16], C_2 принимается в размере 20 % от стоимости устанавливаемого оборудования C_1 , руб.

$$\begin{aligned} C_2 &= C_1 \cdot 0,2, \\ C_2 &= 671000 \cdot 0,2 = 134200 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (9.3)$$

Стоимость оборудования $C_{об}$, руб.

$$C_{об} = 671000 + 134200 = 805200 \text{ руб.}$$

Стоимость монтажа и установки оборудования $C_{м}$, руб

$$C_{м} = C_{об} \cdot K_1, \quad (9.4)$$

где K_1 – коэффициент, величина которого принимается в размере 9 % от $C_{об}$.

$$C_{м} = 805200 \cdot 0,09 = 72468 \text{ руб.}$$

Стоимость проектировочных и наладочных работ определяем по «Прейскурант на экспериментальные, пусконаладочные и другие работы на установках» («Установка тиристорного преобразователя») равна 12288,79 руб. Учитывая, что данный прейскурант был выпущен в 1996 году, приблизительно посчитать стоимость наладочных работ ($C_{нал}$, руб.) можно, умножая исходную цифру прейскуранта на поправочные коэффициенты

$$C_{нал} = C_n \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (9.5)$$

где C_n – стоимость наладочных работ согласно прейскуранту, руб;

K_2 – коэффициент учитывающий увеличение цены с 1996 по 2000 год, принимается равным 1,55;

K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение цены с 2000 по 2015 год, принимается равным 6,3.

$$C_{нал} = 12288,79 \cdot 1,55 \cdot 6,3 = 120000 \text{ руб.}$$

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Рассчитаем стоимость демонтажа. Согласно данным БОТ и службы электрика прокатного цеха №1, для демонтажа оборудования станка для мерной разрезки проката необходимо задействовать четырех рабочих пятого разряда в течение 1 смены. Подсчитаем стоимость затрат на демонтаж главного привода Z_d , руб.

$$Z_d = T_5 \cdot T_c \cdot K_c \cdot K_n \cdot K_r \cdot K_p \cdot \Phi_{с.в.}, \quad (9.6)$$

где T_5 – тариф слесаря-электромонтера 5-го разряда основного цеха, принимается равным 22,40 руб.;

T_c – количество часов в смене, принимается равным 8 ч;

K_c – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, принимается равным 1,1;

K_n – премия, принимается равным 1,35;

K_r – районный коэффициент, принимается равным 1,15;

K_p – число рабочих, занятых в демонтаже оборудования, принимается равным 4;

$\Phi_{с.в.}$ – коэффициент, учитывающий страховые взносы, принимается равным 1,34.

$$Z_d = 22,40 \cdot 8 \cdot 1,1 \cdot 1,35 \cdot 1,15 \cdot 4 \cdot 1,34 = 1640,31 \text{ руб.}$$

Стоимость монтажа и установки оборудования приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Стоимость монтажа и установки оборудования

Наименование работ	Стоимость, руб.
Пусконаладочные работы	120000
Демонтаж оборудования	1640
Монтаж и установка нового оборудования	72468
Итого	194108

В результате проведенных расчетов общая сумма затрат Z_c , руб.

$$Z_c = 805200 + 194108 = 999308 \text{ руб.}$$

Определим стоимость возможной реализации демонтируемых компонентов электропривода станка для мерной разрезки проката.

Остаточная стоимость оборудования станка для мерной разрезки проката P_{cy}

$$P_{cy} = m_{мет} \cdot C_{мет} + m_{мел} \cdot C_{мел}, \quad (9.7)$$

где $m_{мет}$ – масса черного лома в демонтируемом оборудовании, кг;
 $C_{мет}$ – цена за один килограмм металлолома, принимается равной 9 руб./кг;
 $m_{мед}$ – масса медного лома в обмотках демонтируемых двигателей, кг;
 $C_{мед}$ – цена за один килограмм меди, принимается равной 200 руб./кг.

$$P_{cy} = 3600 \cdot 9 + 840 \cdot 200 = 200400 \text{ руб.}$$

Таким образом капитальные затраты составляют

$$Z_0 = 999308 - 200400 = 798908 \text{ руб.}$$

9.2 Расчет эксплуатационных затрат

Величину эксплуатационных затрат на функционирование монтируемого оборудования определяем:

Необходимо подсчитать расход электроэнергии, потребляемой в новом режиме работы оборудования;
 затраты на оплату труда.

Стоимость эксплуатационных затрат $Z_{э.р.}$, руб.

$$Z_{э.р.} = Z_0 + C_1 + C_2 + C_3, \quad (9.8)$$

где Z_0 – затраты на оплату труда с начислениями, руб.;

C_1 – затраты на электроэнергию, руб.;

C_2 – амортизационные отчисления, руб.;

C_3 – затраты на ремонт оборудования, руб.

Затраты на оплату труда (с учетом основной, дополнительной зарплат и социальных отчислений) Z_0 , руб

$$Z_0 = T_0 \cdot T_m \cdot K_c \cdot K_n \cdot K_y \cdot T_r \cdot \Phi_{со}, \quad (9.9)$$

где T_0 – тариф слесаря-электромонтера 6-го разряда основного цеха, принимается равным 24,60 руб.;

T_m – месячный фонд рабочего времени, принимается равным 168 ч.;

T_r – число месяцев в году, принимается равным 12.

$$Z_0 = 24,60 \cdot 168 \cdot 1,1 \cdot 1,35 \cdot 1,15 \cdot 12 \cdot 1,34 = 113489,25 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию C_1 , руб.

$$C_1 = N_{э} \cdot K_{н} \cdot T_{э.р.} \cdot C_{н}, \quad (9.10)$$

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

где N_1 – установленная мощность технических средств, принимается равной 110 кВт;

K_n – коэффициент использования, принимается равным 0,7;

$T_{до}$ – действительный годовой фонд работы оборудования, ч/год;

C_e – стоимость 1 кВт/час электроэнергии (на январь 2015 года $C_e = 2,2$ руб).

Действительный годовой фонд работы оборудования $T_{до}$, ч/год

$$T_{до} = T_{ном} \cdot k_n, \quad (9.11)$$

где $T_{ном}$ – номинальный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год;

k_n – коэффициент, учитывающий потери времени на ремонт и текущее планово-предупредительное обслуживание, принимается равным 0,88.

Номинальный годовой фонд времени работы оборудования $T_{ном}$, ч/год

$$T_{ном} = \frac{D_g \cdot T_c}{D_n}, \quad (9.12)$$

где D_g – число дней работы в году, при непрерывной работе принимается равным 365;

T_c – число часов работы в неделю, при непрерывной работе принимается равным 168;

D_n – число дней работы в неделю, для непрерывно работающих агрегатов принимается равным 7

$$T_{ном} = \frac{365 \cdot 168}{7} = 8760 \text{ ч / год.}$$

Тогда действительный годовой фонд работы оборудования составит $T_{до}$, ч/год

$$T_{до} = 8760 \cdot 0,88 = 7708,8 \text{ ч / год.}$$

Таким образом, $C_{э}$, руб

$$C_{э} = 110 \cdot 0,7 \cdot 7708,8 \cdot 2,2 = 1305870,7 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления определяются по установленным нормам на стоимость устанавливаемого оборудования и неучтенного оборудования [16], C_a , руб.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

$$C_u = C_1 \cdot K_5 + C_2 \cdot K_6, \quad (9.13)$$

где K_5 – коэффициент амортизационных отчислений на устанавливаемое оборудование, принимается равным 0,12 от стоимости устанавливаемого оборудования;

K_6 – коэффициент амортизационных отчислений на неучтенное оборудование, принимается равным 0,125 от стоимости неучтенного оборудования.

$$C_u = 671000 \cdot 0,12 + 134200 \cdot 0,125 = 97295 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт технических средств C_p , руб

$$C_p = C_{об.} \cdot K_7, \quad (9.14)$$

где K_7 – коэффициент определяющий затраты на ремонт, принимается равным 0,05.

$$C_p = 805200 \cdot 0,05 = 40260 \text{ руб.}$$

Таким образом, стоимость эксплуатационных расходов $Z_{э.р.}$, руб.

$$Z_{э.р.} = 113489,25 + 1305870,7 + 97295 + 40260 = 1556914,9 \text{ руб.}$$

9.3 Расчет показателей экономической эффективности

Снижение себестоимости при повышении производительности dc , руб./т

$$dc = W \cdot \frac{dp}{100 + dp}, \quad (9.15)$$

где W – условно постоянные расходы на обработку рассматриваемой, нержавеющей марки стали, принимаются равными 1100 руб./т;

dp – увеличение уровня производительности труда при модернизации оборудования, принимается равным 5%.

$$dc = 1100 \cdot \frac{5}{100 + 5} = 52,4 \text{ руб./т.}$$

Годовая экономия от снижения себестоимости 1 т металла \mathcal{E}_p , руб.

$$\mathcal{E}_p = dc \cdot V \cdot \frac{100 + dp}{100}, \quad (9.16)$$

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

где d_c – снижение себестоимости, руб./т;

V – годовой план выпуска продукции, тонн в год.

Годовой план выпуска продукции V , т/год

$$V = L \cdot P_s, \quad (9.17)$$

где L – действительный годовой фонд работы оборудования, час/год;

P_s – часовая производительность в тоннах, принимается равной 5 т/час;

Действительный годовой фонд работы L , ч/год оборудования рассчитывается из следующих данных

$$L = k_p \cdot T_p \cdot T_c, \quad (9.18)$$

где k_p – загрузка оборудования, принимается равной 60% (по данным БОТ);

T_p – учет рабочего времени в сутки с техническим перерывом;

T_c – число суток работы станка в год.

Коэффициент T_p , ч/сутки.

$$T_p = R_c - R_r - R_p, \quad (9.19)$$

где R_c – число часов в сутках;

R_r – остановка для перестройки на другой размер, принимается равным 0,2;

R_p – уборка ножиц между сменами и перерыв на обед. При 3-х сменном режиме работы, потери времени на уборку ножиц между сменами составляют 1 час (20 минут на каждую смену). Перерыв на обед – 20 минут. Итого потери времени $R_p = 1,3$ часа.

Таким образом, использование рабочего время в сутки, с учетом технологических перерывов

$$T_p = 24 - 0,2 - 1,3 = 22,5 \text{ ч./сут.}$$

Действительный годовой фонд работы оборудования L , ч/год

$$L = 0,6 \cdot 22,5 \cdot 365 = 4927,5 \text{ час / год.}$$

Годовой план выпуска продукции V , т/год

$$V = 4927,5 \cdot 5 = 24637,5 \text{ т/год.}$$

Годовая экономия от снижения себестоимости 1 т металла Δ_p , руб

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

$$\mathcal{E}_p = 52,4 \cdot 24637,5 \cdot \frac{105}{100} = 1355555,2 \text{ руб.}$$

Согласно данным, полученным от ремонтных служб Пр-1, простои данного оборудования по причине аварийных ситуаций, связанных с внезапным выходом из строя оборудования, составляют около 10% рабочего времени. Из времени аварийного простоя на долю поломок механического оборудования приходится – 60% времени простоя, а остальные 40% – приходятся на долю поломок электрооборудования (или 4% от рабочего времени ножниц).

Простой ножниц, по причине выхода из строя электрооборудования, состоит из двух частей: простой по причине выхода из строя электроприводов (80% от времени простоя по причине поломок электрооборудования, или 3% от общего времени работы ножниц), и простой по причине выхода из строя системы управления (20% от времени простоя по причине выхода из строя электрооборудования, или 1% от общего времени работы ножниц).

Годовая экономия от снижения простоев \mathcal{E}_r , руб

$$\mathcal{E}_r = T_{\text{э.}} \cdot P_s \cdot W, \quad (9.20)$$

где $T_{\text{э.}}$ – экономия рабочего времени, ч.

Произведем подсчет экономии рабочего времени при внедрении преобразователя $T_{\text{э.}}$, ч

$$T_{\text{э.}} = T_{\text{ст.}} - T_{\text{нов.}}, \quad (9.21)$$

где $T_{\text{ст.}}$ – потери рабочего времени при существующем оборудовании, ч;

$T_{\text{нов.}}$ – потери рабочего времени при внедряемом оборудовании, ч.

Потери рабочего времени при существующем оборудовании ножниц $T_{\text{ст.}}$, ч

$$T_{\text{ст.}} = L \cdot P_{\text{ст.}}, \quad (9.22)$$

где $P_{\text{ст.}}$ – коэффициент простоя оборудования, принимается равным 0,04.

$$T_{\text{ст.}} = 4927,5 \cdot 0,04 = 197,1 \text{ ч.}$$

Потери от простоев оборудования по причине поломки Π_c , руб

$$\Pi_c = T_{\text{ст.}} \cdot P_s \cdot W, \quad (9.23)$$

$$\Pi_c = 197,1 \cdot 5 \cdot 1100 = 1084050$$

Потери рабочего времени при внедряемом приводе $T_{\text{нов.}}$, ч

					220700.2016.110.00 113	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

$$T_{\text{прост}} = L \cdot P_{\text{прост}}, \quad (9.24)$$

где $P_{\text{прост}}$ – коэффициент простоя оборудования при внедряемом оборудовании, принимается равным 0,001.

$$T_{\text{прост}} = 4927,5 \cdot 0,001 = 4,93 \text{ ч.}$$

Потери от простоев оборудования по причине поломки преобразователя Π_k , руб

$$\begin{aligned} \Pi_k &= T_{\text{прост}} \cdot P_g \cdot W, \\ \Pi_k &= 4,9 \cdot 5 \cdot 1100 = 26950 \end{aligned} \quad (9.25)$$

Таким образом, экономия рабочего времени составит $T_{\text{экон}}$, ч

$$T_{\text{экон}} = 197,1 - 4,93 = 192,17 \text{ ч.}$$

Годовая экономия от снижения простоев оборудования составит \mathcal{E}_m , руб

$$\mathcal{E}_m = 192,17 \cdot 5 \cdot 1100 = 1056935$$

Ожидаемый экономический эффект от внедрения преобразователя \mathcal{E}_1 , руб

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_1 &= \mathcal{E}_p + \mathcal{E}_m - \mathcal{Z}_k \cdot e_n, \\ \mathcal{E}_1 &= 1355555 + 1056935 - 798908 \cdot 0,15 = 2292653,8 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (9.26)$$

Срок окупаемости оборудования $T_{\text{ок}}$, лет

$$\begin{aligned} T_{\text{ок}} &= \frac{\mathcal{Z}_k}{\mathcal{E}_1}, \\ T_{\text{ок}} &= \frac{798908}{2292654} = 0,4 \end{aligned} \quad (9.27)$$

Технико-экономические показатели работы приведены в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Технико-экономические показатели работы

Показатели	Сумма, руб.
Капитальные затраты	798908
Экономия на текущих расходах	2412490
Годовой экономический эффект	2292654
Срок окупаемости, лет	0,4

Выводы по разделу девять: таким образом, в результате модернизация позволит получить годовой экономический эффект в сумме 2292654 рублей и все затраты окупятся за 0,4 лет.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

10 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

10.1 Краткое описание производственного участка.

Целью дипломной работы является обеспечение высокой точности мерного реза проката путем замены устаревшего тиристорного преобразователя и контроллера.

Причины модернизации: система регулирования устарела как морально, так и физически и не позволяет точно резать мерную длину металла, что приводит как большим объемам отходов, так и порче заготовки. Из этого следует большие убытки в производстве и не удовлетворяющая заказчиком продукции.

Задача работы – модернизация электропривода.

Для решения этой задачи необходимо рассмотреть ряд вопросов:

- поверочный расчет мощности и выбор типа двигателя ножниц;
- выбор типа тиристорного преобразователя;
- выбор элементов системы управления электроприводом;
- расчет технико-экономических показателей.

Трубоэлектросварочный агрегат (стан) состоит из множества участков, среди которых можно выделить основные:

- пролет нагревательных колодцев;
- тянущая клеть;
- стан формовочный;
- стан калибровочный;
- рольганг;
- адьюстаж.

Стан, где находится модернизируемое оборудование, предназначен для прокатки мелкого сорта из различных марок стали.

Стан линейного типа расположен в две линии: 1-я линия – обжимная, состоит из 2-х клеток; вторая линия – чистовая, состоит из семи клеток.

Передача металла по линиям осуществляется рольгангом, а задача металла в валки черновой линии осуществляется вручную.

В станок прокат подается из 6-й или 7-й клеток чистовой линии стана. Сначала прокат подается на подводящие ролики станка для мерной разрезки проката, а затем через ножи в холодильник, уже разрезанный на определенную длину.

Станок для мерной разрезки проката состоит из рабочей клетки и двигателя, соединенного с рабочей клетью зубчатой муфтой. Рабочая клеть состоит из корпуса и двух вращающихся валов. На концах валов монтируются рычаги с ножами. Ножи имеют калибры, соответствующие профилям разрезаемого металла. На втором конце вала двигателя установлен тахогенератор ПТ-32. Командоаппарат установлен на валу рабочей клетки ножниц.

По ПУЭ участок станка является особо опасным с точки зрения электробезопасности, так как присутствуют химически активные среды (агрессивные пары и жидкости), образующие отложения, которые имеют разрушительное воздействие

					220700.2016.110.00 ИЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

на изоляцию и токоведущие части электрооборудования; наличие более двух условий, свойственных помещениям с повышенной опасностью:

- наличие токопроводящей металлической пыли в таком количестве, что она оседает на проводах, проникает внутрь машин и аппаратов;
- наличие токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных);
- возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям здания, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования с другой [17].

10.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов

Производственный объект – станок для мерной резки проката.

Место расположения цеха – город Уфа. Физико-географические, климатические условия общие для Башкортостана.

Транспортными путями являются железнодорожный транспорт и автомобильная дорога.

В цехе могут иметь место следующие опасные и вредные производственные факторы: мостовые и электромагнитные краны, повышенная температура воздуха рабочей зоны, движущийся металл, нагретый до высокой температуры, повышенное значение напряжения электрической цепи, вибрация, вращающиеся и движущиеся механизмы, повышенное значение шума, электромагнитные поля, взрывопожароопасность, сосуды под давлением, автомобильный и железнодорожный транспорт.

В цехе имеются электрические сети напряжением: 10кВ, 6кВ и 0,4кВ, имеются масляные трансформаторы с трансформаторным маслом, представляющие повышенную пожарную опасность.

Классификация опасных и вредных производственных факторов производится по природе действия (ГОСТ 12.0.003-80):

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизические.

1) Физические факторы, которые включают в себя:

- механические факторы, характеризующиеся кинетической и потенциальной энергией и механическим влиянием на человека;
- термические факторы, характеризующиеся тепловой энергией и аномальной температурой (отрицательной и положительной);
- электрические факторы: электрический ток, статическое электричество, ионизирующие излучения, электрическое поле, ионизация воздуха;
- электромагнитные факторы: освещенность, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация, электромагнитные излучения, магнитное поле.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

2) Химические факторы: вещества и соединения, обладающие токсическим, раздражающим, мутагенным, канцерогенным сенсibiliзирующим действием на организм человека.

3) Биологические факторы: макро- и микроорганизмов, продукты жизнедеятельности.

4) Психофизиологические:

а) физическая перегрузка:

- статические нагрузки;
- динамические;
- гиподинамия;

б) нервно-эмоциональные нагрузки:

- умственное перенапряжение;
- переутомление;
- перенапряжение анализаторов (кожные, зрительные и т.д.);
- монотонность труда;
- эмоциональные перегрузки.

К физическим факторам трубоэлектросварочном стане:

- перемещение грузов и движение электромостовых кранов, вагонеток, электрокаров, автомобильного и железнодорожного транспорта которое должно проводиться в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных механизмов»;

- наличие оборудования с движущимися частями;
- наличие высотных галерей к кранам и осветительной арматуре;
- возможность падения деталей с высоты;
- высокий уровень шумов и вибрации от работы станков, агрегатов, транспорта, электромостовых кранов и пневматического оборудования;
- запыленность в результате работы зачистных, отрезных, острильных и полировальных наждачных станков
- наличие электромагнитного излучения от работающего электрооборудования.

К электрическим факторам трубоэлектросварочного стана относятся:

- наличие высокого напряжения до 660В в защищенных от доступа посторонних лиц шкафах электрооборудования станков и агрегатов, до 380В в двигателях и системах управления электроприводами (также защищенных от доступа посторонних), 380В в открытой контактной сети троллеев электромостовых кранов и 220В в сети освещения;
- электромагнитные факторы: освещенность, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация, электромагнитные излучения, магнитное поле.

Химически вредными и опасными факторами для человека на трубоэлектросварочном участке являются:

- на участке утечка газа из методической печи для нагрева металла;
- наличие взрывоопасных, горючих, легковоспламеняющихся и химически активных веществ (природного газа в печи, смазочно-охлаждающие жидкости

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

(СОЖ) в различных машинах, горюче-смазочные материалы (ГСМ) для транспорта и машин цеха на складе).

К психофизиологическим факторам на стане относятся:

- переутомление;
- монотонность труда;
- физическая перегрузка.

10.3 Охрана труда

10.3.1 Организационные и правовые вопросы охраны труда

Организационные и правовые меры по обеспечению безопасности при работе на технологическом оборудовании основываются на соблюдении требований и снижении до минимума риска получения травм и заболеваний от воздействия вредных и опасных факторов. При этом необходимо организовывать мероприятия по обучению, инструктированию, проверке знаний персонала и соблюдению общих требований безопасности, требований безопасности перед началом работы, во время работы, по окончании работы и в аварийных ситуациях. Также необходимо привлекать к ответственности работников за нарушение норм и правил по охране труда.

К работе на данную рабочую профессию допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний к выполнению работы.

Рабочий при приеме на работу должен пройти вводный инструктаж. До допуска к самостоятельной работе рабочий должен пройти:

- первичный инструктаж на рабочем месте;
- проверку знаний по Инструкции охраны труда;
- проверку знаний по оказанию первой помощи пострадавшим в связи с несчастными случаями при обслуживании энергетического оборудования;
- проверку знаний по применению средств защиты, необходимых для безопасного выполнения работ;
- обучение по программе подготовки персонала;
- правила охраны труда (ПОТ) для рабочих, имеющих право подготавливать рабочее место, осуществлять допуск, быть производителем работ, наблюдающим и членом бригады в объеме, соответствующем обязанностям ответственных лиц ПОТ.

Допуск к самостоятельной работе оформляется соответствующим распоряжением по предприятию.

Для защиты от воздействия опасных и вредных факторов необходимо применять следующие меры безопасности.

При работе на движущихся и вращающихся машинах и механизмах не должно быть развевающихся участков, которые могут быть захвачены движущимися частями механизмов.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	Ис докум.	Подпись	Дата		93

При необходимости нахождения вблизи горячих частей оборудования следует принять меры по защите от ожогов и действия высоких температур (ограждение оборудования, вентиляция).

При выполнении работ на участках с температурой воздуха выше 33 °С необходимо применять режим труда с интервалами времени для отдыха и охлаждения (на таких участках цеха устанавливают аэраторы).

При недостаточной освещенности рабочей зоны следует применять дополнительное местное освещение.

Для защиты от поражения электрическим током необходимо применить диэлектрические перчатки, ковры, изолирующие подставки.

Перед каждым пусковым устройством электродвигателей должны находиться диэлектрические коврики или изолирующие подставки.

Электромонтер должен работать в спецодежде и спецобуви, и применять другие средства защиты, выдаваемые в соответствии с действующими нормами.

Электромонтеру бесплатно должны выдаваться согласно отраслевым нормам следующие средства индивидуальной защиты:

- костюм хлопчатобумажный (на 12 мес.);
- сапоги кирзовые или ботинки (на 12 мес.);
- рукавицы комбинированные (на 3 мес.);
- куртка ватная (на 24 мес.).

При выдаче двойного сменного комплекта спецодежды срок носки должен удваиваться.

В зависимости от характера работ и условий их производства электромонтеру бесплатно временно должна выдаваться дополнительная спецодежда и защитные средства для этих условий.

В процессе труда работоспособность, а соответственно, и функциональное состояние организма подвергаются изменениям. Поддержание работоспособности на оптимальном уровне – основная цель рационального режима труда и отдыха.

Режим труда и отдыха – это устанавливаемые для каждого вида работ порядок чередования периодов работы и отдыха и их продолжительность. Рациональный режим – такое соотношение и содержание периодов работы и отдыха, при которых высокая производительность труда сочетается с высокой и устойчивой работоспособностью человека без признаков чрезмерного утомления в течение длительного времени. Установление общественно необходимой продолжительности рабочего времени и распределение его по календарным периодам на предприятии достигаются при разработке правил, в которых предусматривается порядок чередования и продолжительность периода работы и отдыха. Этот порядок называется режимом труда и отдыха.

Один из основных вопросов установления рациональных режимов труда и отдыха – это выявление принципов их разработки. Таких принципов три:

- удовлетворение потребности производства;
- обеспечение наибольшей работоспособности человека;
- сочетание общественных и личных интересов.

Таким образом, при выборе оптимального режима труда и отдыха нужен комплексный социально-экономический подход. Целью подобного подхода является полная и всесторонняя оценка его оптимизации с точки зрения учета личных и общественных интересов, интересов производства и физиологических возможностей человека. В связи с этим следует отметить, что научно обоснованным режимом труда и отдыха на предприятиях является такой режим, который наилучшим образом обеспечивает одновременное сочетание повышения работоспособности и производительности труда, сохранение здоровья трудящихся, создания благоприятных условий для всестороннего развития человека.

Трудовым законодательством предусмотрены следующие виды отдыха рабочих и служащих:

- перерывы в течение рабочего дня для отдыха и питания (0,5-1 час);
- еженедельные дни отдыха (1-2 дня);
- праздничные дни;
- ежегодные оплачиваемые отпуска (42-46 дней, в зависимости от стажа);
- удлиненные отпуска для отдельных категорий работников;
- отпуска с сохранением зарплаты для работников, совмещающих свою работу с обучением в различных учебных заведениях (40-50 дней);
- отпуска без сохранения зарплаты.

Сегодня на предприятии и в цехе применяют трёхсменный режим труда.

10.3.2 Комплекс мероприятий по предупреждению опасности поражения электрическим током

Работы в действующих электроустановках должны проводиться по наряду - допуску.

Ремонты электрооборудования напряжением выше 1000 В, работа на токоведущих частях без снятия напряжения в электроустановках напряжением до и выше 1000В должны выполняться по технологическим картам или планам производства работ.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются:

- оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

Ответственными за безопасное ведение работ являются:

- выдающий наряд, отдающий распоряжение, утверждающий перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- ответственный руководитель работ;
- допускающий;

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

- производитель работ;
- наблюдающий;
- член бригады.

При подготовке рабочего места со снятием напряжения выполняются в указанном порядке следующие технические мероприятия:

- произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
- на приводах ручного и ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;
- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- наложено заземление;
- вывешены указательные плакаты "Заземлено", ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

Электрооборудование станка для мерной разрезки проката работает преимущественно от трехфазной сети напряжения 380 В. Всё электрооборудование располагается в шкафах управления (электропривода, выключатели, схемы защиты и т. д.), доступ в которые имеет только обслуживающий персонал. По требованиям ПУЭ перед шкафами имеется деревянный настил.

Электрооборудование ножниц (двигатели, тахогенераторы, датчики, конечные выключатели, пост управления) соединяются со шкафами управления кабельными линиями, располагающимися в трубах под половым настилом. Вводы к двигателям выполнены гибкими металлическими шлангами.

Оператор ножниц имеет доступ только к пульту управления, в котором напряжение имеет значение равное 24 В.

По требованиям ПУЭ всё оборудование должно иметь заземление.

На шкафах управления, где напряжение превышает значение 36 В, должны присутствовать предупреждающие надписи. Все открытые токоведущие элементы должны иметь соответствующие защитные колпаки. В гибких вводах двигателей не должно быть разрывов и вмятин, они должны механически крепиться к коробке выводов, перегибы и механические воздействия на гибкие вводы недопустимы.

Особое внимание следует уделить безопасности оборудования. Оборудование должно:

- соответствовать правилам пожара и взрывобезопасности оборудования, ПУЭ;
- токоведущие части должны быть надежно изолированы или ограждены;
- металлические части, которые в результате пробоя изоляции могут попасть под напряжение, должны быть надежно заземлены или занулены;
- не должно создавать опасности в результате воздействия влажности, механических колебаний, высоких и низких температур;

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220700.2016.110.00 ПЗ					Лист
										96

– открытые токоведущие части должны быть размещены внутри корпусов с запирающимися дверьми или закрыты защитными кожухами.

Защита оборудования осуществляется путем применения защитных отключений от внешних и внутренних повреждений. Органы управления должны соответствовать требованиям эргономики:

- иметь форму, размеры, поверхности безопасные и удобные для работы;
- иметь поясняющие схемы и надписи.

Кроме того, конструкция производственного оборудования должна исключать вредные производственные факторы:

- возможность накопления зарядов статистического электричества в опасных количествах;
- обеспечивать исключение или снижение до регламентированных пределов уровней шума.

Для безопасности производственных процессов необходимо, чтобы:

- персонал соблюдал требования ПЭЭП, ПУЭ, ПОТРМ-016-2001, то есть было организовано обучение персонала и контроль за соблюдением этих правил;
- персонал применял электрозащитные средства;
- персонал был ознакомлен с планом действия в рабочих и чрезвычайных ситуациях;
- в местах проведения различного рода работ были установлены знаки безопасности и плакаты по технике безопасности;
- в помещении аккумуляторной батареи применялась система вентиляции.

10.3.3 Проектирование и расчет защитного заземления станка для мерной резки проката

Для расчета заземления вновь устанавливаемого электрооборудования станка для мерной резки проката выбираем систему заземления из вертикальных электродов, связанных между собой полосой прямоугольного сечения. Электроды будут расположены по всему периметру рабочего помещения и их верхние концы находятся ниже уровня земли.

Сопротивление заземляющего устройства R_z складывается из сопротивлений растеканию отдельных электродов заземлителя и сопротивлений заземляющих проводников. Сопротивление растеканию каждого отдельного электрода зависит от удельного сопротивления грунта.

Расчетное удельное сопротивление грунта ρ_p , Ом·см

$$\rho_p = k \cdot \rho, \quad (10.1)$$

где k – климатический коэффициент, принимается равным 5,5;

ρ – удельное сопротивление грунта, принимается равным 100 Ом·см.[17].

$$\rho_p = 5,5 \cdot 100 = 550 \text{ Омсм.}$$

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

$$\rho_p = 5,5 \text{ Ом.}$$

Сопротивление одного вертикального электрода R_v , Ом

$$R_v = \frac{0,366 \cdot \rho_p}{L} \left(\lg \frac{2L}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t + L}{4t - L} \right), \quad (10.2)$$

где L – длина электрода, принимается равной 1,5 м;

d – внешний диаметр электрода, принимается равным 0,016 м;

t – глубина заложения, м, для вертикального электрода, верхний конец которого ниже уровня земли, расстояние от поверхности земли до середины электрода принимается 1 м.

$$R_v = \frac{0,366 \cdot 5,5}{1,5} \left(\lg \frac{2 \cdot 1,5}{0,016} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 1 + 1,5}{4 \cdot 1 - 1,5} \right) = 3,3 \text{ Ом.}$$

Суммарное сопротивление R_{zv} Ом части заземлителя, состоящего из вертикальных электродов, электрически связанных между собою, без учета сопротивления соединяющей их полосы

$$R_{zv} = \frac{R_v}{n \cdot \eta_v}, \quad (10.3)$$

где n – число вертикальных электродов, принимается равным 6;

η_v – коэффициент учитывающий экранирование электродов соседними, принимается равным 0,34.

$$R_{zv} = \frac{3,3}{6 \cdot 0,34} = 1,62 \text{ Ом.}$$

Сопротивление растекания горизонтально проложенной полосы R_r , Ом связывающей вертикальные электроды между собою

$$R_r = \frac{0,366 \cdot \rho_p}{L} \lg \frac{2L}{bt}, \quad (10.4)$$

где L – длина полосы, принимается равной 10 м;

b – ширина полосового электрода, принимается равной 0,025 м;

t – глубина заложения, принимается равной 1 м.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

$$R_{\Gamma} = \frac{0,366 \cdot 5,5}{10} \lg \frac{2 \cdot 10}{0,025 \cdot 1} = 0,58 \text{ Ом.}$$

Экранирование полосы другими электродами учитывается коэффициентом η_{Γ} , равным 0,34.

Сопротивление растеканию полосы с учетом экранирования $R_{3\Gamma}$, Ом

$$R_{3\Gamma} = \frac{R_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}}, \quad (10.5)$$

$$R_{3\Gamma} = \frac{0,58}{0,34} = 1,71 \text{ Ом.}$$

Полное сопротивление растеканию заземлителя R_3 , Ом

$$R_3 = \frac{R_{3В} \cdot R_{3\Gamma}}{R_{3В} + R_{3\Gamma}}, \quad (10.6)$$

$$R_3 = \frac{1,62 \cdot 1,71}{1,62 + 1,71} = 0,83 \text{ Ом.}$$

Выбранное заземляющее устройство соответствует норме для установок до 380В, $0,83 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$ [19].

10.3.4 Мероприятия по безопасному проведению модернизации станка для мерной резки проката

Проведение модернизации станка для мерной резки проката – это трудоемкий процесс, который требует проведения следующих работ:

- демонтаж генератора постоянного тока;
- демонтаж асинхронного двигателя;
- демонтаж части существующих кабельно-трубных трасс;
- монтаж тиристорного преобразователя;
- замена части аппаратов управления для изменения схемы управления;
- монтаж новых кабельно-трубных трасс;
- настройка и отладка системы управления электропривода.

Для выполнения всего комплекса работ требуется привлечение значительного числа ремонтного персонала, использование подъемно-транспортных механизмов, проведение определенных подготовительных мероприятий и материальных затрат, а кроме того значительный период времени.

Такого рода ремонты целесообразно совмещать с проведением капитальных ремонтов оборудования, когда в комплексе проводятся ремонтные работы всех систем и составных частей станка с привлечением всех цеховых служб. При организации капитального ремонта, следует исходить из обеспечения бесперебойной

работы технологических линий, уменьшения простоя оборудования в ремонте, повышения надежности и уменьшения затрат на ремонт.

Согласно системе технического обслуживания и ремонта (ТОиР) подготовка к капитальному ремонту включает в себя техническую и материальную стороны.

Техническая подготовка – это подготовка документации на действующее оборудование, включающей альбомы принципиальных и монтажных схем, чертежи, инструкции заводов – изготовителей. Также по каждому объекту должны быть подготовлены: карта ремонта, ведомость дефектов, техническое описание оборудования, кабельные журналы, чертежи сменных деталей, нормы расхода покупной аппаратуры и приборов.

Так как в проведении ремонта участвуют представители всех цеховых служб, работы ведутся при снятом напряжении и длятся в течение нескольких смен, то эти работы должны выполняться по наряду-допуску.

10.3.4 Защита от механического травмирования

Основные пути предупреждения несчастных случаев в цехах:

- автоматизация и комплексная механизация производственных процессов;
- рационализация технологических процессов, модернизация оборудования и инструментов;
- применение дистанционного управления;
- применение дополнительных ограждающих и предохранительных устройств;
- применение усовершенствованных средств защиты;
- устранение или уменьшение воздействия шума, вибраций, электромагнитного излучения;
- улучшение освещения и метеоусловий на рабочих местах;
- разумное сочетание режимов труда и отдыха.

10.4 Производственная санитария

Производственная санитария представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работников вредных производственных факторов.

При обследовании санитарно-технического состояния производственных помещений в целом осуществляется на основе действующих межотраслевых и отраслевых правил, норм и типовых инструкций по технике безопасности и производственной санитарии.

В таблице 10.1 представлены оптимальные нормы температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

Основные гигиенические требования к производственному освещению, основанные на психофизиологических особенностях восприятия света и его влияния на организм человека, могут быть сведены к следующему:

- уровень освещенности должен быть достаточным и соответствовать гигиеническим нормам, учитывающим условия зрительной работы;
- спектральный состав света, создаваемого искусственными источниками, должен приближаться к солнечному свету;
- должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещенности в помещении;
- освещение не должно создавать блики как самих источников света, так и других предметов.

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях устанавливается в зависимости от характеристик зрительной работы и регламентируется по СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Таблица 10.1 – Оптимальные нормы температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	Легкая	20-23	60-40	0,2
	Средней тяжести	18-20	60-40	0,2
	Тяжелая	16-18	60-40	0,3
Теплый	Легкая	22-25	60-40	0,2
	Средней тяжести	21-23	60-40	0,3
	Тяжелая	18-21	60-40	0,5

Допустимые уровни шума для некоторых видов труда с учетом степени напряженности труда представлены в таблице 10.2.

Таблица 10.2 – Допустимые уровни шума для некоторых видов труда с учетом степени напряженности труда

Виды трудовой деятельности	Уровни шума, дБА
Умственная работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; высокоточная категория зрительных работ	60
Умственная работа по точному графику с инструкцией (операторская), высокоточная категория зрительных работ	65
Физическая работа, связанная с точностью, сосредоточенностью или периодическим слуховым контролем	80

Если уровень шума в электротехническом помещении составляет 80дБА, необходимо применение индивидуальных средств защиты от шума.

Производственные помещения должны иметь снабжение водой, иметь шкафы для хранения и сушки спецодежды, душевые и другие санитарно-бытовые удобства. Так же, должна иметься в наличии аптечка с набором медикаментов.

10.4.1 Определение категории тяжести труда при работе на проектируемом объекте

Все работы делятся на три категории:

I категория – легкие работы (физические усилия не превышают 174 Вт). Такие работы выполняются сидя или стоя, не требуют систематического мышечного напряжения;

II категория – работы средней тяжести (работы с затратами энергии 175...232 Вт для категории IIа и 233...290 Вт — для категории IIб). Такие работы связаны с постоянной ходьбой, работы, выполняемые стоя или сидя, но не связанные с перемещением тяжестей (категория IIа), или работы, связанные с ходьбой и переноской тяжестей до 10 кг;

III категория – тяжелые работы (работы с затратами энергии более 290 Вт), т.е. работы, связанные с систематическим физическим напряжением.

Стан трубозлектросварочный относится к II категории работ, так как работа на стане связана с постоянной ходьбой и переноской тяжестей до 10 кг.

10.4.2 Выбор и расчет системы освещения.

Основная задача освещения в производственных помещениях состоит в обеспечении оптимальных условий для видения. Эта задача решается выбором наиболее рациональной системы освещения и источников света.

В пролетах цеха, где располагается все основное и вспомогательное оборудование, наряду с естественным, присутствует и искусственное освещение, обеспечиваемое дуговыми ртутными газоразрядными лампами высокого давления (ДРЛ), с удельной светоотдачей 100 лм/Вт, находящимися непосредственно над производственным оборудованием.

Рабочее освещение обеспечивает необходимые условия освещённости при нормальном режиме работы осветительных установок.

Аварийное освещение следует предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение нормального обслуживания оборудования и механизмов может вызвать длительное нарушение технологического процесса.

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение. Естественное освещение прокатных цехов осуществляется через световые проемы и световые фонари в крыше зданий. Установленные расчетом размеры световых проемов допускается изменять на +5, -10%.

Рабочее освещение предусмотрено для всех помещений здания, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

движения транспорта. В производственных помещениях освещенность проходов и участков, где работа не производится, составляет не более 25 % нормируемой освещенности, создаваемой светильниками общего освещения.

Очистку светильников, замену ламп и плавких вставок, ремонт и осмотр осветительной сети производит персонал службы электриков.

Измерение освещенности рабочих мест производится при вводе в эксплуатацию и в дальнейшем по мере необходимости.

Осмотр осветительной сети производится 1 раз в сутки дежурным персоналом. Обнаруженные при проверке и осмотре дефекты должны быть устранены в кратчайший срок.

Определим потребность количества светильников для соблюдения санитарных норм в помещении расположения шкафов оборудования и на рабочем месте.

Световой поток Φ

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot z \cdot k}{N \cdot \eta}, \quad (10.7)$$

где E_n – нормируемая минимальная освещенность, лк;

S – площадь освещаемого помещения, m^2 ;

z – коэффициент неравномерности освещения, для люминесцентных ламп (ЛБ – лампы с белым спектром свечения), принимаем $z = 1,1$;

k – коэффициент запаса, принимаем $k = 1,6$;

N – число светильников в помещении, шт.;

η – коэффициент использования светового потока ламп, определяется по формуле (10.8).

$$\eta = K_p \cdot i, \quad (10.8)$$

где K_p – коэффициент учитывающий влияние отражающих свойств потолка, стен и пола, принимается равным 0,8;

i – индекс помещения, определяется по формуле (10.9).

$$i = \frac{A \cdot B}{H \cdot (A + B)}, \quad (10.9)$$

где A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

H – высота светильника над рабочей поверхностью, м.

$$i = \frac{15 \cdot 5}{3 \cdot (15 + 5)} = 1,25,$$

$$\eta = 0,8 \cdot 1,25 = 1.$$

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

Число светильников в помещении N , шт.

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot z \cdot k}{\Phi \cdot \eta}, \quad (10.10)$$

$$N = \frac{100 \cdot 75 \cdot 1,1 \cdot 1,6}{3000 \cdot 1} = 4,4 \text{ шт.}$$

Для соблюдения санитарных норм в помещении преобразователя станка для мерной разрезки проката установлено 4 светильника ЛБ 40.

10.4.3 Выбор систем вентиляции и очистки воздуха

Промышленной вентиляцией называется система воздухообмена, обеспечивающая создания в рабочей зоне воздушной среды, отвечающей гигиеническим требованиям.

Одной из главных задач, возникающих при устройстве вентиляции, является определение воздухообмена, то есть количества вентиляционного воздуха, необходимого для обеспечения оптимального санитарно-гигиенического уровня воздушной среды помещения.

В зависимости от способа перемещения воздуха в производственных помещениях вентиляция делится на естественную, искусственную и смешанную, по назначению – общообменную и местную.

Естественная вентиляция производственных помещений осуществляется за счет разности температур в помещении наружного воздуха (тепловой напор) или действия ветра через окна, форточки, фрамуги и двери. Естественная вентиляция применима там, где нет больших выделений вредных веществ в рабочую зону.

Искусственная (механическая) вентиляция устраняет недостатки естественной вентиляции. При механической вентиляции воздухообмен осуществляется за счет напора воздуха, создаваемого вентиляторами (аэраторами).

Смешанная вентиляция, базируясь на приемах естественной и механической вентиляции, смешанный тип представляет собой использование вентиляционных труб естественной вентиляции, соединенных с дополнительным механическим вентилятором низкого давления.

Трубоэлектросварочный участок, где располагаются ножницы, оборудован организованной естественной вентиляцией. Естественная вентиляция дешева и проста в эксплуатации. Основной ее недостаток заключается в том, что приточный воздух вводится в помещение без предварительной очистки и подогрева, а удаляемый воздух не очищается и загрязняет атмосферу.

10.4.4 Разработка мероприятий по снижению энергетических воздействий

Непосредственное (биологическое) влияние электромагнитного поля на человека связано с воздействием на сердечно – сосудистую, центральную и периферийную нервные системы, мышечную ткань и другие органы. Вредные послед-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
						104

ствия пребывания человека в электрическом поле зависят от напряженности поля E , кВ/м, и от продолжительности его воздействия.

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 предельно допустимый уровень напряженности электромагнитного поля на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м.

Источниками электромагнитного излучения являются различные промышленные установки, приборы промышленного назначения.

Тиристорный преобразователь является устройством, которое при работе производит вредное для организма человека электромагнитное излучение.

Для исключения влияния излучения преобразователя на человека, тиристорный преобразователь устанавливают в отдельный шкаф.

Доступ к шкафу тиристорного преобразователя имеет только специализированный обслуживающий персонал.

Индивидуальными средствами защиты от воздействия электромагнитного поля является экранирующий костюм, защитные свойства которого основаны на принципе статического экранирования. Кроме этого, используется и обычная х/б ткань, на поверхности которой нанесен тонкий слой металла.

10.4.5 Мероприятия по снятию психологических перегрузок

Эмоциональное напряжение характеризуется активацией различных функций организма в связи с конкретными волевыми актами, с выполнением активной целенаправленной деятельности или подготовке к ней, а также с ожиданием какой-либо опасности.

Под психологическими перегрузками принимается: умственное перенапряжение, переутомление, перенапряжение зрительных, слуховых анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки. Все эти факторы отрицательно сказываются на производительности труда. Увеличивается вероятность травматизма, возрастает риск аварий.

Для снятия психологических перегрузок с персонала должны предусматриваться комнаты психологической разгрузки. В этой комнате можно отдохнуть среди растений, аквариум с рыбками благотворно влияет на самочувствие. Даже небольшой отдых приводит к снятию психологической нагрузки.

Контроль за соблюдением требований санитарных правил в цехе осуществляется органами Госсанэпиднадзора и лицами, ответственными за соблюдение правил по безопасным условиям труда в порядке проведения производственного контроля.

10.4.6 Разработка мероприятий по снижению уровней шума и вибрации.

Шум и вибрация сопровождают многие технологические процессы и являются причиной снижения работоспособности, ослабления памяти, внимания, остроты зрения и слуха, что может привести к травматизму и авариям. Степень вредности шума и вибрации зависит от частоты, уровня (силы), продолжительности и регулярности их воздействия.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

Классификация шумов, допустимые уровни шума на рабочих местах установлены в ГОСТ 12.1.003-76 – «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и СН 245-71.

Шум возникает в результате плохой балансировки, центровки, неуравновешенности роторов, муфт, маховиков и других вращающихся деталей и вследствие неплотного крепления деталей и перекосов, недостаточной смазки, а также от централизованной системы сжатого воздуха. Обслуживающий персонал обязан тщательно следить за исправностью и нормальной работой оборудования, вовремя устранять подобные неполадки, которые к тому же могут явиться причиной аварии.

Для снижения шумов и технологической вибрации на ножницах применяется комплекс мер:

- тщательная балансировка валов, передач, редукторов и др.;
- применение текстолитовых и металлических кожухов.

Основными мерами борьбы с шумом являются изоляция источника шума от окружающей среды средствами звукоизоляции и звукопоглощения, рациональная планировка производственных помещений, применение средств индивидуальной защиты и введение рационального режима труда и отдыха для работающих.

Из средств индивидуальной защиты можно выделить ушные вкладыши, использование которых позволяет снизить уровни шума на 10-15дБ; наушники – на 7-40дБ; шлемофоны – на 3-40дБ.

Вибрация конструкций, также, как и шум вредно действуют на человека.

Основные требования по устранению вибрации изложены в стандарте ГОСТ 12.1.012-78 – «Вибрация. Общие требования безопасности».

В цехе основными источниками вибрации являются электродвигатели, грузоподъемные и грузоперемещающие механизмы.

Основные меры устранения или уменьшения вибраций сводятся к оснащению оборудования виброгасящими устройствами (противовесами, балансирными), внедрению дистанционного управления виброустановками, применению резиновых, пружинных и пневматических амортизаторов, облицовке вибрирующих поверхностей виброгасящими материалами, установке оборудования на виброизолирующих опорах или на специальных фундаментах.

Использование средств индивидуальной защиты также является эффективным мероприятием. В качестве таких средств используют обувь на виброгасящей подошве и специальные перчатки.

10.5 Противопожарная и взрывобезопасность

Руководители цеха несут ответственность за противопожарную безопасность помещений и оборудования тепловых энергоустановок, а также за наличие и исправное состояние первичных средств пожаротушения.

Цех построен из негорючих материалов, стены сделаны из кирпича и бетона, перекрытия – из железобетона, пол выполнен из бетонных и металлических плит. Кабели на трубоэлектросварочном участке проложены в кабельных каналах

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

и тоннелях, подвесных металлических лотках и в трубах с соблюдением требований и рекомендаций, обеспечивающих пожарную безопасность в кабельном хозяйстве.

Основы пожарной защиты предприятия определены государственными стандартами ССБТ (ГОСТ 12.1.004-85 и ГОСТ 12.1.010-76).

Персонал, обслуживающий машинные залы, проходит противопожарный инструктаж, занятия по пожарно-техническому минимуму, участвует в противопожарных тренировках.

В цехе установлен противопожарный режим работы и выполняются противопожарные мероприятия, а также разработан оперативный план тушения пожара, не допускающий действий, которые могут привести к пожару или возгоранию.

На участке вывешен список расчетов и номера телефонов пожарной службы предприятия и муниципальной пожарной службы. Все работники должны пройти инструктаж по действиям в случае пожара. При обнаружении возгорания мастер ставит в известность диспетчера завода, проводит оповещение по громкой связи персонала, принимает меры по тушению пожара своими силами, предварительно отключив электроснабжение участка.

Разработана и утверждена инструкция о мерах пожарной безопасности и план (схема) эвакуации людей в случае возникновения пожара на тепловых энергоустановках, приказом руководителя назначены лица, ответственные за пожарную безопасность отдельных территорий, зданий, сооружений, помещений, участков, создана пожарно-техническая комиссия и система оповещения людей о пожаре.

По каждому происшедшему случаю пожара или загорания проводится расследование комиссией, создаваемой руководителем предприятия или вышестоящей организацией. Результаты расследования оформляются актом. При расследовании устанавливается причина и виновники возникновения пожара (загорания), по результатам расследования разрабатываются противопожарные мероприятия.

В цехе предусмотрен набор первичных средств пожаротушения:

- огнетушители ОУ, ОХП;
- противопожарный инвентарь (лопаты, песок, ломы, топоры, багры);
- на этаже установлены пожарные гидранты с таким расчетом, чтобы обеспечить подачу воды в любую точку помещения.

В каждом шкафу находится брезентовый рукав длиной не менее 10м со стволом.

Огнетушители размещаются в легкодоступных и заметных местах, где исключено попадание на них прямых солнечных лучей и непосредственное воздействие отопительных и нагревательных приборов. Обеспечивается возможность прочтения маркировочных надписей на корпусе, а также удобство и оперативность пользования ими.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

10.6 Экологическая безопасность

Промплощадка ООО УЗМК «Стальмонтаж» расположена в г. Уфа. С западной стороны предприятие граничит с металлургическим заводом и абразивным заводом. С северной стороны проходят железнодорожные пути МПС.

Одним из источников загрязнения окружающей среды на предприятии является цех, который имеет в своем составе полунепрерывный мелкосортный трубоэлектросварочный участок. Он предназначен для прокатки круглого профиля из высоколегированных и специальных марок стали. Нагрев заготовок осуществляется в методической печи, которая отапливается природным газом.

В прокатном производстве вопросы охраны окружающей среды неразрывно связаны с производственными процессами, оборудованием, организацией производства и наиболее эффективно решаются разработкой прогрессивной технологии. Определяющими факторами являются:

- точное ведение технологического процесса;
- систематический контроль за основными параметрами нагревательных печей и прокатного оборудования;
- устройство систем оперативной сигнализации об экстремальных условиях технологических процессов и о состоянии агрегатов и оборудования.

В связи с этим большая роль в решении вопросов точного ведения технологических процессов и предотвращении аварийных ситуаций, выбросов вредных веществ принадлежит рабочим основных профессий прокатных цехов: нагревальщикам металла, вальцовщикам-операторам, резчикам металла и т. п.

Решение вопросов охраны окружающей среды связано с:

- созданием механизированных и автоматизированных прокатных станов, преимущественно непрерывных и полунепрерывных;
- механизацией всех операций на складах заготовок и готовой продукции;
- герметизацией нагревательных печей;
- использованием нагревательных печей с шагающими балками, оборудованными экономичными плоскопламенными горелками;
- применением гидросбива окалины;
- устройством аспирационных систем над прокатными клетями для удаления окалиносодержащей пыли;
- сокращением водопотребления для технологических нужд цеха.

Руководители цеха периодически проходят соответствующую подготовку в области экологической безопасности согласно списку, составленному и утвержденному руководителем предприятия. Передельный процесс производства сопровождается образованием больших количеств отходов в виде вредных газов и пыли, сточных вод, содержащих различные химические компоненты, окалины, боя огнеупора, мусора и других выбросов, которые загрязняют атмосферу, воду и поверхность земли.

По сравнению с другими переделами черной металлургии в прокатном производстве образуется меньше пыли и газов. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в среднесортном цехе являются нагревательные печи, ма-

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		108

шины огневой зачистки, а также непосредственно стан, над которым образуются выбросы пыли, содержащие окалину (оксиды железа) и другие металлы в зависимости от степени легирования стали и сплавов. Эти выбросы поступают через аэрационный фонарь в атмосферу.

Выбросы нагревательных печей содержат оксиды азота. Из машин огневой зачистки с отсасываемым через их укрытия газом выносятся пыль, которая содержит до 90% оксидов железа.

Для очистки дымовых газов нагревательных печей среднесортного цеха от оксидов азота применяются высокие дымовые трубы, при этом обеспечивается приземная концентрация в пределах ПДК. Для очистки газов машин огневой зачистки применяются электрофильтры.

Поступающие в атмосферу оксиды углерода, азота, пыль и т.д. оказывают различное токсичное воздействие на организм человека. Так, оксиды азота воздействуют на органы дыхания, приводят к отеку легких. Оксид углерода воздействует на нервную и сердечно-сосудистую системы. Источником атмосферной пыли является зола, образующаяся при сгорании топлива. Образующиеся в прокатном производстве сточные воды составляют от 30 до 50% общего их количества по предприятию в целом. Сточные воды формируются при охлаждении валков, подшипников, смыве и транспортировке окалины, а также при охлаждении пил и других вспомогательных механизмов.

Сточные воды содержат окалину, масло, эмульсию, кислоты, токсичные вещества. Окалиносодержащие сточные воды в основном осветляются. Этот процесс в основном идет в два этапа: вначале сточные воды проходят отстойники грубого осветления, во вторичных отстойниках происходит более тонкая очистка. Помимо отстойников, для очистки окалиносодержащих сточных вод, используют гидроциклоны.

В прокатном производстве на участках горячей прокатки используется система оборотного водоснабжения. В настоящее время на современных предприятиях предусматривается трехступенчатая система очистки оборотной воды. Первая ступень включает яму для окалины, радиальные отстойники с камерами флокуляции (для укрупнения механических примесей) и сетчатые фильтры. В качестве второй ступени очистки в системе предусматриваются отстойники со встроенными камерами хлопьеобразования гидроциклонного типа. На третьей ступени очистки (тонкая очистка окалины и маслосодержащих сточных вод) применяются специальные фильтры: антрацито-кварцевые или с плавающей пенополистирольной загрузкой.

В таблице 10.3 представлены данные о методах утилизации отходов трубоэлектросварочного участка.

Для защиты почв от неорганизованного выброса отходов в настоящее время широко используют сбор промышленных отходов на свалках и полигонах. На полигонах производят также переработку промышленных отходов. Отходы прокатного производства утилизируются, перерабатываются или размещаются в окружающей среде. С целью обеспечения эффективной работы в области обращения с опасными отходами (размещение, хранение, сбор, утилизация и т. д.), пылегазо-

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109

очистного оборудования, эксплуатации оборотных циклов, очистных сооружений и содержания территории в соответствии с природоохранными нормативами назначаются ответственные лица из числа руководителей прокатного цеха.

Таблица 10.3 – Утилизация отходов трубозлектросварочного участка

Наименование отхода, внешний вид и консистенция	Наиболее токсичные компоненты отходов	Методы утилизации, обезвреживания, захоронения
Окалина прокатного производства; твердый отход	Оксиды железа	Применяют как добавку в шихту
Шламы и пыли железосодержащие пылегазоочисных сооружений; шлам	Оксиды железа	Используются как добавки в агломерационную шихту и в производстве строй материалов
Отходы регенерации эмульсии и смазочно-охлаждающих жидкостей; шлам	Эфирно-экстрагируемые вещества	Сжигаются и захораниваются или термически обезвреживаются на полигоне промотходов
Отработанные эмульсии; жидкость	Эфирно-экстрагируемые вещества	Применяются регенерация и безотходная технология
Наименование отхода, внешний вид и консистенция	Наиболее токсичные компоненты отходов	Методы утилизации, обезвреживания, захоронения
Отработанные ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки	Ртуть	Централизованный склад ЦПП
Отходы тканей, обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масла менее 15%)	Токсичных компонентов нет	Городская свалка
Мусор от бытовых помещений организаций несортированный и прочие коммунальные отходы	Токсичных компонентов нет	Городская свалка

Электрооборудование ножниц является источником электромагнитного излучения, которое наносит вред окружающей среде и организму человека. Для исключения влияния электромагнитного излучения на окружающую среду и человека, электрооборудование устанавливается в отдельных металлических шкафах, которые обладают экранирующими свойствами.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220700.2016.110.00 ПЗ					Лист
										110

10.7 Гражданская оборона.

Гражданская оборона – это перечень вопросов и мероприятий по обеспечению безаварийной работы промышленного предприятия, так как аварии и катастрофы наносят крупный ущерб народному хозяйству. Успех работы промышленного предприятия во многом зависит от состояния других предприятий отрасли, объектов смежных отраслей, обеспечивающих поставки, а также от состояния энергоснабжения, транспортных коммуникаций, связи и т.п. Мероприятия по предупреждению аварий и катастроф представляют собой комплекс организационных и инженерно-технических мероприятий, направленных на выявление и устранение возможных причин аварий и катастроф, максимальное снижение возможных разрушений и потерь в случае, если эти причины полностью устранить не удаётся, а также на создание благоприятных условий для организации и проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ.

Под инженерно-техническими мероприятиями гражданской обороны понимаются строительно-планировочные разработки, предусматривающие заблаговременное решение комплекса оборонно-технических задач, направленных на предотвращение угрозы для населения и территорий, и на повышение надёжности и безопасности функционирования проектируемого объекта в условиях диверсий или открытого вооружённого конфликта.

Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций обеспечивают выполнение идентичных задач, но с учётом угроз поражения людей и нанесения материального ущерба вследствие аварий, катастроф или стихийных бедствий в мирное время.

Эти мероприятия разрабатываются и внедряются комплексно, с охватом всех вопросов, от которых зависит безаварийная работа объектов, с учётом их производственных и территориальных особенностей, с привлечением всех звеньев управления производственной деятельностью.

ООО УЗМК «Стальмонтаж» расположен на берегах реки Белая, поэтому территории завода может угрожать наводнения. Наводнение – временное затопление значительной части суши водой в результате действий сил природы или аварий. Наводнение может быть вызвано: выпадением обильных осадков, интенсивным таянием снега совместным действием наводковых вод и ледяных заторов, а также прорывом городской платины.

В целях предотвращения последствий затопления и обеспечения бесперебойной работы объектов ООО УЗМК «Стальмонтаж», должен выполняться определённый перечень инженерно-технических мероприятий: ликвидация ледяных заторов, устройство дамб, валов и подобных сооружений для сдерживания водных потоков.

В случае возникновения пожара, наводнения необходимо обеспечить вывод людей, а по возможности и эвакуацию техники в безопасное место.

На объектах ООО УЗМК «Стальмонтаж» предусмотрены планы эвакуации и аварийные выходы при чрезвычайных ситуациях. Назначены ответственные за выполнение соответствующих мероприятий, проводятся плановые проверки. В случае возникновения пожара, оползня или подтопления необходимо обеспечить

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111

вывод людей, а по возможности и эвакуацию техники в безопасное место. Ответственность за противопожарное состояние помещений и эвакуацию персонала и техники при чрезвычайных ситуациях несет начальник соответствующего объекта.

Для предотвращения возможных потерь людей при ЧС большую роль играет оповещение персонала. Для этого в каждом цехе на каждом производственном участке установлены сирены. Сирены можно включить централизованно по всему заводу из штаба гражданской обороны (в дальнейшем ГО) или в пределах цеха. Работоспособность сирен периодически проверяется.

Для эвакуации персонала из цеха в условиях ЧС предусмотрены следующие мероприятия:

- аварийное освещение на каждом участке цеха запитанное от независимого источника питания;
- на каждом участке вывешивается плакат с планом эвакуации при ЧС;
- ворота и двери цеха обозначены знаками и надписями «Выход»;
- ключи от ворот и дверей находятся у сменного мастера участка и передаются по смене;
- для предотвращения паники в условиях ЧС периодически проводится инструктажи по ГО.

Устойчивость систем энергоснабжения цеха повышено путем подключения его к нескольким источникам питания, удаленным один от другого на расстояние, исключающее возможность их одновременного поражения. Каждая подстанция запитана от своих независимых вводов, причем существуют как рабочие, так и резервные вводы на которые при необходимости можно переключиться. На каждой трансформаторной подстанции есть как рабочие, так и резервные трансформаторы, работоспособность которых периодически проверяется. Мощность трансформаторов выбрана таким образом, чтобы они могли брать на себя дополнительную нагрузку других подстанций (например, при выходе из строя одной из них).

К организационным мероприятиям, повышающим устойчивость управления цеха, относится заблаговременная подготовка руководящих работников и ведущих специалистов к взаимозаменяемости. Для замены недостающих специалистов привлекают квалифицированных рабочих, хорошо знающих производство.

Для всех промышленных объектов, независимо от профиля производства и назначения, характерны следующие общие факторы, влияющие на подготовку объекта к работе в условиях ЧС:

- район расположения объекта;
- внутренняя планировка и застройка территории объекта;
- системы энергоснабжения;
- технологический процесс;
- производственные связи объекта;
- системы управления;
- подготовленность объекта к восстановлению производства.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

К цеху подходят железнодорожные пути и автомобильные дороги. При разрушении одной из дорог продукцию и можно транспортировать по другим дорогам.

Участки цеха расположены в своих обособленных помещениях. Такая планировка здания цеха позволяет при возникновении аварии, сопровождающейся пожаром или возможностью взрыва, локализовать источник опасности в пределах одного участка, закрыв проходы на другие участки железной дверью. Как правило, на каждом участке существует несколько проходов на другие участки. Это сделано для того, чтобы при возникновении завалов при аварии люди могли выйти через другие проходы.

При оценке устойчивости работы промышленного объекта особое внимание уделяется радиационной и химической защите. Основными задачами радиационной и химической защиты являются:

- выявление и оценка радиационной и химической обстановки методом прогнозирования и по данным поста РХН;
- выбор наиболее целесообразных действий производственной деятельности предприятия в условиях радиоактивного и химического заражения;
- организация и проведение дозиметрического и химического контроля;
- обеспечение рабочих и служащих средствами индивидуальной защиты, приборами радиационной и химической разведки, дозиметрического контроля, поддержание их в постоянной готовности.

Рабочим выданы средствами радиационной и химической защиты: противогазы ГП-5, респираторы Р-2. Начальники смен обеспечены газоанализаторами и газосигнализаторами, аккумуляторными фонарями.

В настоящее время стал актуальным вопрос угрозы террористического акта. Для его предупреждения на территории предприятий введена пропускная система, которая позволяет ограничить проникновение посторонних людей и подозрительных предметов на территорию предприятия. Служба охраны оснащена системой видео наблюдения и современными средствами связи, что позволяет быстро реагировать на чрезвычайные ситуации. Основное направление действия террористов, это осуществление взрыва для уничтожения работников предприятия, либо захват заложников.

Для предупреждения террористического акта необходимо при обнаружении на территории предприятия подозрительных предметов принять меры по ограждению данных предметов от других сотрудников и немедленно сообщить об этом администрации предприятия. В свою очередь администрация предприятия сообщает об обнаружении в местный отдел ФСБ, УВД и МЧС, а также принимает меры по эвакуации работников предприятия и в дальнейшем осуществляет беспрепятственный подход сотрудников силовых структур к местонахождению данных предметов. В случае захвата в заложники работников предприятия ни в коем случае не оказывать сопротивление вооруженным террористам, по возможности сообщить об этом в подразделение ФСБ, УВД, выполнять все требования и не компрометировать террористов на начало стрельбы по сотрудникам предприятия.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220700.2016.110.00 ПЗ	Лист 113

Выводы по разделу десять: в разделе БЖД произведен анализ производственных и экологических опасностей на участке, разобраны организационные и правовые вопросы по охране труда, произвел проектирования и расчет (защитного заземления станка для мерной разрезки проката, освещения на рабочем участке). Также рассмотрены вопросы производственной санитарии, систем вентиляции и очистки воздуха, противопожарной и взрывобезопасности.

Рассмотрены вопросы экологической безопасности, как влияет прокатное производство на окружающую среду (какие отходы появляются при прокатном производстве). Так же разобраны вопросы, как утилизируют отходы в цехе трубоэлектросварочного участка, нанося минимальный вред окружающей среде, вопросы по очистке промышленной воды, очистки дымовых газов.

В под разделе гражданской обороны рассмотрены: какие чрезвычайные ситуации (ЧС) возможные на предприятии, какие мероприятия применяют по устранению ЧС. Как происходит эвакуации людей из зоны ЧС.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		114

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломной работе рассмотрены вопросы модернизации системы автоматического управления станка для мерной резки проката трубозлектросварочного участка. Произведен поверочный расчет мощности электродвигателя. Выбран комплектный тиристорный преобразователь *Simoreg DC-Master 6RA7082-6F V62*, который позволил повысить качество работы электропривода.

Произведен выбор промышленного контроллера для выполнения функций системы управления DL06 фирмы *Automation Direct*. Система управления обеспечивает точность мерного реза проката, которая позволяет снизить погрешность реза до 0,15 м, при длине заготовки 11,7 м

В случае внедрения модернизации ежемесячная экономия может составить до 30 тонн стали.

В экономической части рассчитан экономический эффект модернизации, который составил 2292654 руб. Срок окупаемости данной работы составляет 0,4 лет.

В разделе безопасности жизнедеятельности рассмотрены вопросы охраны труда, экологии и гражданской обороны.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		115

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Справочник по автоматизированному электроприводу/ под ред. В.А. Елисеева, А.В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616с.
- 2 Онищенко, Г.Б. Электрический привод. Учебник для вузов. –М.: РАСХН, 2003. –320с.
- 3 Теория электропривода / В.И. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.
- 4 Электрический привод / В.В. Москаленко. – М.: Высшая школа, 1991. – 430 с.
- 5 Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник/ И.Х. Евзеров, А.С. Горобец, Б.И. Мошкович и др.; под ред. канд. техн. наук В.М. Перельмутера. –М.: Энергоатомиздат, 1988. –319с.
- 6 Общий курс электропривода: Учебник для вузов / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. – М.: Энергоиздат, 1981. –576с.
- 7 Краново-металлургические и экскаваторные двигатели постоянного тока: Справочник/ Ю.В. Алексеев, А.А. Рабинович. – М.: Энергоатомиздат, 1985. –168 с.
- 8 Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов/ А.А Королев. –М.: Metallurgia, 1985. –376с.
- 9 Справочник по электрическим машинам. Т 2/ под ред. И.П. Копылова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. –688с.
- 10 Башарин, А.В. Примеры расчетов автоматизированного электропривода. – Л.: Энергоиздат, 1972.
- 11 Усынин, Ю.С. Системы управления электроприводов: Учеб. пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. –358с.
- 12 Электроприводы постоянного тока с вентильными преобразователями/ Е.Н. Зимин, В.Л. Кацевич, С.К. Козырев. – М.: Энергоиздат, 1981. – 192с.
- 13 Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами/ В.И. Круглович, Ю.Г. Барыбин, Н.Л. Самовер. – М.: Энергоиздат, 1982.
- 14 Руководство пользователя контроллера DL06// [http:// www.plcsystems.ru](http://www.plcsystems.ru)
- 15 Модули гальванической развязки // <http://www.grayhill.com>
- 16 Кириллов, В.Е. Некоторые рекомендации студентам электротехнических специальностей для подготовки экономического раздела дипломного проекта (расчета экономического эффекта) / В.Е. Кириллов. – Златоуст, 2004.
- 17 Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 2001.
- 18 Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов / Б.А. Князевский. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
- 19 Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001.
- 20 Сергеев, С.В. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие по выполнению практических и лабораторных работ / С.В. Сергеев, Б.А. Решетников, Р.Г. Закиров. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 94 с.

					220700.2016.110.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		116